

ÉTUDE SUR L'ABORDABILITÉ DE L'ÉCOCONSTRUCTION :  
LE CAS DE LA MAISON ERE132

Par  
Nicholas Vachon

Essai présenté au Centre universitaire de formation  
en environnement et développement durable en vue  
de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env)

Sous la direction de monsieur Pierre Etcheverry

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT  
UNIVERSITÉ DE SHEBRROOKE

Février 2018

## SOMMAIRE

Mots clés : écoconstruction, maison unifamiliale, performance environnementale, abordabilité, marché immobilier.

Les secteurs de l'habitation et de la construction sont responsables d'une importante proportion des émissions de gaz à effet de serre et des pollutions à travers le monde. L'écoconstruction, de par ses multiples approches et interprétations, est une méthode de construction qui propose de réduire les impacts négatifs de ce secteur, d'optimiser l'efficacité énergétique des habitations tout en participant à rehausser la qualité de vie des résidents et à un développement durable de la société. Sujette à un fort engouement dans les dernières années, l'écoconstruction demeure cependant marginale dans le parc résidentiel du pays, principalement à cause des réticences par rapport à un investissement monétaire initial élevé. Le projet ÉcoRésidence de l'Est 132 tente de démonter les idées préconçues freinant le développement de l'écoconstruction et d'offrir une option d'écoconstruction abordable pour le marché de masse de l'habitation pour réduire les impacts du secteur de l'habitation sur notre environnement.

Par contre, la réalité du projet ÉcoRésidence de l'Est 132, prototype de maison unifamiliale, et son rôle de vitrine pour diverses pratiques et technologies en écoconstruction font en sorte qu'il est très difficile d'en estimer un prix applicable pour un consommateur privé. De ce fait, une réplique de la maison ÉcoRésidence de l'Est 132 adaptée à un consommateur privé a été imaginée pour pouvoir, à la suite d'une évaluation des coûts, en estimer un coût de construction. Sur la base de discussions menées avec plusieurs experts et d'une abondante littérature sur le sujet, le coût estimé pour la maison adaptée est de 278 439 \$.

Ce coût positionne la maison adaptée dans une gamme de produits au prix un peu plus élevé que la moyenne, ce qui cadre avec l'objectif initial du projet qui visait cette gamme de prix. En effet, les caractéristiques de la maison et ses performances environnementales accrues engendrent nécessairement des surcoûts par rapport à une offre semblable conventionnelle. Cela dit, différentes méthodes et stratégies de construction employées dans la maison ÉcoRésidence de l'Est 132 mitigent de manière importante ces surcoûts et permettent d'offrir des performances environnementales et énergétiques intéressantes à un coût qui ne s'écarte pas de manière importante du marché de l'habitation de masse. Ainsi, la notion d'abordabilité de la maison est intrinsèquement rattachée à l'ouverture du consommateur à mettre l'accent sur la performance environnementale et la qualité de l'environnement intérieur plutôt que sur la superficie habitable et les éléments architecturaux flamboyants. Pour le consommateur ouvert à ces traits, l'offre de la maison ÉcoRésidence de l'Est 132 est abordable et réaliste, ouvrant la porte à une éventuelle pénétration de l'écoconstruction dans un marché de masse et à une démocratisation de la performance des bâtiments.

## REMERCIEMENTS

D’abord, je tiens à remercier chaleureusement mon directeur d’essai, Pierre Etcheverry, qui, tout au long de ce projet, a été d’une grande aide et d’un support important. Merci pour votre écoute, vos conseils, votre rétroaction de qualité et votre grande ouverture d’esprit. Collaborer avec vous sur votre projet a été inspirant et un réel plaisir. Votre approche holistique, multidisciplinaire et fondamentalement généraliste m’est inspirante et exemplaire.

Un immense merci à Alexander Reford, Sourèche Rangaya, Jean-Mathieu Drapeau, Jean-Hugues St-Pierre, Robin Gauthier-Ouellet et tous les autres qui ont pris de leur temps pour m’aider, m’orienter et apporter leurs connaissances et leur vision à ce projet. Votre expertise dans vos disciplines, votre ouverture et votre professionnalisme m’ont permis de cheminer dans le domaine de l’écoconstruction, qui m’était étranger. Sans vos importantes contributions, ce projet aurait été une expérience bien différente.

Je tiens aussi à remercier tous les membres, chargés de cours et professeurs du CUFÉ qui, au cours des six dernières années, ont partagé avec moi leurs connaissances et leur passion pour l’environnement. Merci de m’avoir encouragé dans le développement d’une curiosité intellectuelle, d’une ouverture d’esprit et d’un sens critique, que je considère comme mes apprentissages les plus précieux. Cheminer et apprendre parmi vous a été une expérience stimulante, enrichissante et infiniment formatrice.

Finalement, merci infiniment à ma copine, Noémie, pour sa précieuse aide et son support. Ton assiduité et ton don pour aller au fond des choses me sont exemplaires. Merci à mes amis et collègues qui m’ont écouté, encouragé et fait rire tout au long de ce travail et de mon parcours scolaire. Vous côtoyer toutes ces années a été un immense honneur et une source de divertissement infinie. Je peine à exprimer à quel point votre support m’a été précieux. Il est sans aucun doute une des raisons pour lesquelles je suis là où je suis aujourd’hui. Je vous souhaite tout ce qu’il y a de mieux et de vivre vos passions à fond.

## TABLE DES MATIÈRES

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCTION.....  | 9  |
| 1. MÉTHODE DE TRAVAIL .....  | 14 |
| 1.1 Caractérisation du marché de l'écoconstruction et du consommateur immobilier.....    | 14 |
| 1.2 Projet ERE 132 et évaluation des coûts de sa maison adaptée .....                    | 15 |
| 1.3 Diagnostic de la position du modèle de la maison ERE 132 dans le marché .....        | 15 |
| 2. LE DOMAINE DE L'ÉCOCONSTRUCTION, SON MARCHÉ ET SES CONSOMMATEURS .....                | 17 |
| 2.1 Le domaine de l'écoconstruction.....   | 17 |
| 2.1.1 Définition et tendances de l'écoconstruction.....                                  | 17 |
| 2.1.2 Différentes approches en écoconstruction.....                                      | 19 |
| 2.2 Le marché immobilier et le consommateur québécois de l'écoconstruction.....          | 25 |
| 2.2.1 Caractérisation du marché immobilier .....   | 25 |
| 2.2.2 Le prix d'une habitation individuelle conventionnelle au Québec et au Canada ..... | 27 |
| 2.2.3 Le marché de l'écoconstruction.....  | 29 |
| 2.2.4 Le consommateur de l'écoconstruction.....  | 32 |
| 2.2.5 Le consommateur moyen de l'habitation .....  | 33 |
| 3. LA MAISON ERE 132 .....   | 37 |
| 3.1 Présentation du projet.....  | 37 |
| 3.2 Description technique de la maison ERE 132 .....                                     | 38 |
| 4. ANALYSE DES COÛTS DE LA MAISON ADAPTÉE DU MODÈLE ERE 132 .....                        | 43 |
| 4.1 Méthode de travail de l'évaluation des coûts .....                                   | 44 |
| 4.2 Les groupes d'éléments de la maison adaptée et leurs coûts.....                      | 46 |
| 4.2.1 Charpente, toiture et parement .....   | 46 |
| 4.2.2 Revêtements des planchers.....   | 50 |
| 4.2.3 Fondation.....   | 53 |
| 4.2.4 Murs intérieurs .....  | 56 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.2.5 Isolation.....   | 60  |
| 4.2.6 Énergie.....   | 64  |
| 4.2.7 Autres coûts.....  | 68  |
| 4.3 Résultats de l'évaluation des coûts de la maison adaptée.....                                  | 72  |
| 5. L'APPROCHE ERE 132 DANS LE MARCHÉ IMMOBILIER DE MASSE .....                                     | 74  |
| 5.1 Les différentes approches et coûts de la compétition .....                                     | 74  |
| 5.2 L'abordabilité de la maison ERE 132.....   | 80  |
| 5.3 Les problématiques et les limites actuelles de l'écoconstruction dans le marché de masse ..... | 86  |
| 5.3.1 Les contraintes financière.....  | 86  |
| 5.3.2 Les autres freins au développement de l'offre de l'écoconstruction .....                     | 89  |
| 6. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS .....   | 93  |
| 6.1 Participation des parties prenantes et impact de l'évaluation des coûts .....                  | 93  |
| 6.2 Adaptabilité de l'approche ERE 132 dans une diversification du marché cible.....               | 94  |
| 6.3 Intégration d'une approche de production de volume du concept ERE 132 .....                    | 94  |
| CONCLUSION .....   | 96  |
| LISTE DES RÉFÉRENCES .....   | 99  |
| BIBLIOGRAPHIE .....  | 106 |
| ANNEXE 1 – PLAN DE VISIBILITÉ DU PROJET ERE 132 .....  | 108 |

## LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

|  |    |
|--|----|
| Figure 2.1 Les catégories de la certification LEED .....   | 21 |
| Figure 2.2 Les éléments d'une maison passive .....   | 23 |
| Figure 2.3 Prédiction de mises en chantier d'habitations dans la province de Québec jusqu'en 2018..... | 26 |
| Figure 2.4 Profil des ménages privés au Québec .....   | 26 |
| Figure 2.5 Prix moyen des maisons individuelles et jumelées du Québec et du Canada, 2000-2011 .....    | 27 |
| Figure 2.6 Aspects les plus intéressants de l'écoconstruction pour les Québécois .....                 | 33 |
| Figure 2.7 Évolution des indices par type de comportement responsable depuis 2010 .....                | 35 |
| Figure 3.1 La façade sud de la maison ERE 132.....   | 38 |
| Figure 3.2 La façade nord de la maison ERE 132.....  | 39 |
| Figure 3.3 Angle du soleil sur la maison ERE 132 le 21 décembre à midi.....                            | 39 |
| Figure 3.4 Angle du soleil sur la maison ERE 132 le 21 juin à midi .....                               | 40 |
| Figure 3.5 Répartition de la consommation énergétique de la maison ERE 132 .....                       | 42 |
| Figure 4.1 Salle de bain du deuxième étage .....   | 52 |
| Figure 4.2 Cuisine de la maison ERE 132.....   | 69 |
| Figure 5.1 Maison de référence Novoclimat .....  | 75 |
| Figure 5.2 La résidence LEED Or à Saint-Colomban.....  | 77 |
| Figure 5.3 La résidence LEED Platine Caron-Descôteaux .....  | 78 |
| Figure 5.4 Résidence Équilibre ÉcoTerra .....  | 79 |
| Figure 5.5 Comparaison des coûts au pi <sup>2</sup> des différentes maisons à l'étude .....            | 81 |
| Figure 5.6 Incidence de la configuration du bâtiment sur le périmètre .....                            | 83 |
| Figure 5.7 Les principaux défis pour augmenter l'activité de l'écoconstruction .....                   | 87 |
| Tableau 2.1 Les niveaux de la certification LEED.....  | 22 |
| Tableau 2.2 Facteurs dissuasifs de l'écoconstruction.....  | 30 |
| Tableau 2.3 Facteurs incitatifs de l'écoconstruction .....   | 31 |

|  |    |
|--|----|
| Tableau 3.1 Points LEED de la maison ERE 132 .....   | 41 |
| Tableau 4.1 Coûts de la charpente, toiture et du parement.....                                   | 46 |
| Tableau 4.2 Coûts des revêtements des planchers.....   | 50 |
| Tableau 4.3 Coûts de la fondation.....   | 53 |
| Tableau 4.4 Coûts des murs intérieurs .....  | 56 |
| Tableau 4.5 Performance de l'isolation des composantes de la maison ERE 132 .....                | 60 |
| Tableau 4.6 Coûts de l'isolation.....  | 61 |
| Tableau 4.7 Coûts de l'énergie.....  | 64 |
| Tableau 4.8 Plinthes électriques radiantes du premier étage et leur prix .....                   | 65 |
| Tableau 4.9 Plinthes électriques radiantes du deuxième étage et leur prix .....                  | 65 |
| Tableau 4.10 Autre coûts.....  | 68 |
| Tableau 4.11 Bilan des coûts des différents groupes d'éléments de la maison adaptée.....         | 72 |
| Tableau 5.1 Détails des différents modèles de Dessins Drummond et coût de superficie moyen ..... | 76 |

## LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

|                    |   |
|--------------------|---|
| AGPOM              | <i>Association of Green Property Owners and Managers</i>          |
| APCHQ              | Association Provinciale des Constructeurs d'Habitations du Québec |
| BDC                | Banque de Développement du Canada                                 |
| CBDCa              | Conseil du Bâtiment Durable du Canada                             |
| CFC                | Chlorofluorocarbures  |
| COV                | Composés organiques volatils                                      |
| CPPIB              | <i>Canada Pension Plan Investment Board</i>                       |
| ERE 132            | ÉcoRésidence de l'Est 132   |
| FSC                | <i>Forest Stewardship Council</i>                                 |
| GEN                | <i>Green Economy Network</i>                                      |
| GES                | Gaz à effet de serre  |
| HERS               | <i>Home Energy Rating System</i>                                  |
| IISD               | <i>International Institute for Sustainable Development</i>        |
| kWh/m <sup>2</sup> | Kilowattheure par mètre carré                                     |
| LEED               | <i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>              |
| m                  | Mètre   |
| m <sup>2</sup>     | Mètre carré   |
| OMS                | Organisation Mondiale de la Santé                                 |
| PHI                | <i>PassivHaus Institute</i>                                       |
| pi                 | Pied  |
| pi <sup>2</sup>    | Pied carré  |
| SCHL               | Société Canadienne d'Hypothèque et de Logement                    |
| USGBC              | <i>United States Green Building Council</i>                       |
| W/m <sup>2</sup>   | Watts par mètre carré   |



## LEXIQUE

|               |   |
|---------------|---|
| Abordabilité  | Pour un produit de consommation, le fait d'être accessible à un prix raisonnable. (Cordial, 2017)   |
| Coefficient R | Unité de mesure de la résistance thermique d'un élément qui consiste en la capacité de freiner le flux de chaleur le traversant. (VoirVert, 2017)   |
| ÉnerGuide     | Marque officielle du Gouvernement du Canada qui correspond à un programme d'étiquetage et de cote de rendement énergétique des biens de consommation clés. (Gouvernement du Canada, 2017)   |
| Hydronique    | Fait référence à un système de chauffage qui implique une circulation d'eau chaude ou de vapeur, et qui peut être utilisé pour les planchers chauffants par exemple. (Écohabitation, s. d.) |

## INTRODUCTION

La société moderne et ses avancements technologiques permettent à l'humanité de jouir d'une liberté, d'un confort et d'une longévité inégalés dans l'histoire. Cela dit, cette nouvelle condition humaine entraîne des impacts sur les systèmes sur lesquels repose notre société croissante. Le même système qui a rendu si prospères certaines régions du globe est fondé sur une exploitation non durable des ressources de la planète. L'essor technologique spectaculaire demande un investissement énorme qui dépasse les capacités régénératives de nos écosystèmes. Qui plus est, l'expansion des activités humaines et de l'occupation du territoire dégradent les écosystèmes, réduisant davantage leur capacité à fournir des biens et services écosystémiques ainsi que leur résilience (WWF, 2016).

Les conséquences de cette surexploitation sont tangibles. L'activité humaine est liée à une dégradation notable de la qualité et de la santé de multiples systèmes essentiels à notre survie. L'évolution rapide de notre empreinte sur la planète concorde avec une extinction massive de la biodiversité sur terre, et notre consommation de ressources dépasse de 60 % la limite de production et de régénération des écosystèmes (WWF, 2016). Les rejets et émissions de nos activités altèrent les dynamiques naturelles planétaires. Des produits de synthèse nocifs et dont l'impact sur la santé n'est pas toujours bien compris intègrent l'environnement et la chaîne alimentaire, engendrant une multitude de problèmes. De plus, l'enjeu des changements climatiques dus au dioxyde de carbone et autres GES rejetés dans l'atmosphère modifie de manière importante les comportements des systèmes bioclimatiques à travers le monde. L'acidification des océans, la désertification et l'augmentation d'événements climatiques extrêmes sont toutes des conséquences de cet enjeu. Elles ont toutes la capacité d'altérer profondément l'expérience humaine sur terre. Bref, cette influence de la société moderne sur les multiples systèmes de la planète constitue le cœur de l'époque géologique que nous vivons actuellement : l'anthropocène (WWF, 2016).

L'habitation est un domaine de l'activité humaine intrinsèquement lié au bien-être et à la qualité de vie de la population. Il répond au besoin fondamental de s'abriter et de se protéger des éléments et autres dangers. Cependant, l'expansion rapide, intensive et mal adaptée de l'habitation ainsi que de l'industrie de la construction a des inconvénients majeurs sur l'environnement (Groupe Teknika, Groupe Gauthier, Biancamano, Bolduc, 2004). Cette industrie est une importante source de matières résiduelles et de multiples pollutions (Parent, s. d.). En effet, il est estimé que ce secteur est responsable de 33 % des matières résiduelles générées dans la province (Parent, s. d.). En 2009, rien qu'au Québec, ce sont 1 212 000 tonnes de résidus de construction, dont 415 000 tonnes de bois, qui ont été envoyées à l'enfouissement (Aubry, 2013). De plus, la production de ciment, composante importante pour cette industrie, est responsable à l'échelle mondiale de 5 % des émissions de GES (Aubry, 2013). L'extraction

des ressources, leur transformation ainsi que le transport des matériaux tout au long de la chaîne des intermédiaires s'ajoutent au bilan environnemental de cette industrie (P. Etcheverry, conversation, 26 septembre 2017). Donc, même avant la construction d'une maison, un impact environnemental de taille est généré par l'industrie de la construction, sa culture et son approche.

Ensuite, l'étalement autour des grands centres urbains à travers le monde étend l'emprise du bâti sur les milieux naturels et les zones agricoles, corrodant la connectivité des écosystèmes ainsi que la biodiversité, et réduisant l'autonomie alimentaire des régions. En plus de ces pressions directes sur les écosystèmes, le secteur de l'habitation est responsable, par ses émissions directes et indirectes, d'une très grande portion des émissions de GES du Canada, soit 46 % des émissions totales (Clark, Milito et Gagnon, 2015). Les émissions globales associées aux habitations canadiennes ont augmenté de 13 % entre 1990 et 2004, mais sur la même période, une baisse de 22 % des émissions par ménage est observée. Ceci est entre autres dû à des gains d'efficacité énergétique résidentielle et aux pratiques plus responsables des résidents, mais ces améliorations se combinent à une consommation accrue de pétrole et d'autres biens et services, ainsi qu'à une hausse du nombre total d'habitations (Clark, Milito et Gagnon, 2015). De plus, les maisons canadiennes sont parmi les plus volumineuses au monde (Wilson, s. d.). Donc, les maisons canadiennes sont de plus en plus nombreuses, plus grandes et, même en étant soucieux de leur consommation, responsables d'une part toujours croissante de la consommation de ressources et d'énergie.

Parallèlement à tout cela, l'existence d'un lien entre la qualité de l'habitation et la santé de ses occupants est de plus en plus mise en évidence. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) fait le point sur l'importance d'un environnement bâti sain pour la santé de la population. Des risques de maladies pulmonaires et cardiovasculaires dues à une faible qualité d'air intérieur ainsi que des maladies ou décès causés par une faible ventilation lors d'extrêmes de températures sont les principaux points abordés (WHO, 2010). Il a aussi été démontré que l'air intérieur est jusqu'à trois à quatre fois plus pollué que l'air extérieur (Créneau écoconstruction, 2017). Cette pollution est entre autres due à la présence du radon (un gaz toxique issu de la roche-mère), d'humidité et de moisissures ainsi que de composés organiques volatils (COV) provenant de divers matériaux de construction (Créneau écoconstruction, 2017). La qualité de l'environnement bâti est donc un enjeu de santé publique important, car l'individu moderne passe en moyenne 90 % de son temps dans un environnement intérieur (Créneau écoconstruction, 2017).

La précarité économique répandue occupe une portion importante du discours sociétal dans la programmation médiatique et les débats politiques. La crise économique et résidentielle de 2008, quoi que moins ressentie au Canada que chez nos voisins du Sud, est un rappel que le système financier sur lequel se base notre société présente des failles et n'est pas immun de soubresauts, d'échecs et de potentielles

catastrophes (Wolf, 2010). Depuis cette période, des politiques et programmes gouvernementaux ont participé à stabiliser et revitaliser le marché immobilier (Wolf, 2010). Cela dit, la progressive hausse des prix des habitations exerce une pression croissante sur les consommateurs (COX et HE, 2016). Au Canada, la hausse du coût de la vie excède l'augmentation des revenus avec le coût d'une habitation montant jusqu'à 3,3 fois la valeur du revenu annuel d'un ménage (COX et HE, 2016). Cette augmentation contraste fortement avec les décennies passées, où une habitation était beaucoup plus abordable et représentait une fraction moins importante des revenus. L'abordabilité résidentielle est donc un enjeu important et a une influence directe sur la qualité de vie et le pouvoir d'achat des citoyens (COX et HE, 2016). Comme de fait, actuellement au Canada, ce sont les dépenses associées à l'habitation qui représentent la part la plus importante des revenus du ménage (Jouaneau, Beltran-Galindo et Ouellet-Plamondon, 2016). Compte tenu du coût élevé associé au logement ainsi que des diverses pressions économiques exercées sur les consommateurs canadiens, il peut être difficile pour eux d'investir les surplus monétaires souvent associés à la performance environnementale et à la réduction de l'empreinte écologique du secteur de l'habitation discuté plus haut (Le Blanc, 2012). Les faibles coûts des techniques et des matériaux de construction typiques de l'approche de construction conventionnelle demeurent attirants, perpétuant leur utilisation au sein d'un système non durable (P. Etcheverry, conversation, 11 décembre 2017).

Le contexte environnemental précaire, la menace des changements climatiques, le fort impact de nos habitations sur l'environnement ainsi que la hausse du coût de la vie et du prix de l'accession à la propriété demandent une réinvention et une remodelisation de notre relation avec nos habitations. C'est dans ce contexte que tente d'intervenir l'écoconstruction. Malgré une influence généralisée sur les standards de construction à travers le pays, la place de l'écoconstruction dans le marché de masse est souvent marginalisée à cause d'idées préconçues à son égard. En ce sens, l'écoconstruction n'a pas réellement intégré le marché immobilier résidentiel de masse dans la province québécoise ni à travers le reste du pays. Certes, les projets et les prototypes en écoconstruction abondent, mais les maisons écologiques privées demeurent relativement rares et isolées dans le marché résidentiel (Écohabitation, 2014). Les projets d'écoconstructions sont typiquement limités à un marché de niche, haut de gamme et sur mesure (P. Etcheverry, conversation, 26 septembre 2017). L'écoconstruction entraîne souvent des coûts ou des investissements en temps qui rendent souvent ces projets hors de la portée du consommateur moyen. Par ailleurs, des efforts existent pour intégrer ces pratiques dans le marché conventionnel, rendre accessible l'écoconstruction et éduquer les individus sur la compétitivité de cette approche de construction. C'est d'ailleurs le cas de la maison ERE 132, sujet d'étude de cet essai. Ce projet se veut une option comparable aux produits offerts dans le marché immobilier de masse, mais se distinguant au niveau

de la qualité des matériaux, de l'économie d'énergie, des sources d'approvisionnement et de l'intégration harmonieuse à la collectivité qui l'accueille (ERE 132, 2017a). Par contre, la réalité du projet de la maison ERE 132 fait en sorte que son coût pour un consommateur moyen est difficile à estimer et sa position dans le marché immobilier de masse est mal comprise, limitant sa capacité à pénétrer le marché et à exercer une influence appréciable sur celui-ci.

En ce sens, l'objectif général de ce travail est de déterminer l'abordabilité de la maison ERE 132 et son potentiel d'influence sur le marché immobilier québécois et canadien. Pour atteindre ce but, trois objectifs spécifiques sont fixés. Le premier consiste en une caractérisation du marché de masse de l'habitation ainsi que du marché de l'écoconstruction. Celle-ci permet d'identifier les spécificités de ces marchés et les approches les plus populaires, ainsi que de définir leurs consommateurs types à partir de sources crédibles à jour. Le deuxième objectif spécifique vise à réaliser une évaluation des coûts de la maison ERE 132 permettant d'évaluer son coût et de faire des comparaisons avec les produits du marché de masse de l'habitation conventionnelle. Pour ce faire, le modèle d'habitation proposé par le projet ERE 132 (qui est un prototype contenant des spécificités dues à son statut particulier de vitrine ouverte au public) doit être adapté aux besoins du consommateur et épuré dans l'optique d'une intégration au marché de masse. Ceci a été fait à l'aide de la collaboration des parties prenantes au projet, de documentation interne officielle et de ressources légitimes en construction. Le troisième objectif consiste à cerner la position de la maison ERE 132 ainsi que son potentiel d'influence sur le marché de masse de l'immobilier et sur celui de l'écoconstruction.

Le premier chapitre de cet essai présente la méthode de travail de ce projet et les diverses étapes le constituant. Le deuxième chapitre en fait une mise en contexte. Il situe le projet ERE 132 en présentant le contexte actuel, souligne les problématiques auxquelles il fait face et la réalité dans laquelle il intervient. Le troisième chapitre de cet essai présente le domaine de l'écoconstruction, son marché et ses consommateurs. Il introduit les notions de base de l'écoconstruction et présente diverses approches qui sont d'un intérêt particulier pour le projet ERE 132. De plus, les marchés immobiliers du domaine conventionnel et de l'écoconstruction sont abordés. Les tendances et réalités propres au domaine du marché de l'habitation en général sont soulignées. Puis, dans l'optique de mieux cerner l'impact de ce projet, les consommateurs sont brièvement étudiés. La distinction est faite entre les consommateurs de l'écoconstruction et ceux du marché conventionnel. Ce chapitre sert de base pour le diagnostic effectué au chapitre six. Le quatrième chapitre présente le projet ERE 132. Son ampleur nécessite une présentation et une explication détaillées du projet, de sa genèse, de son approche unique et des enjeux qu'il tente d'aborder. Le cinquième chapitre de ce travail consiste en l'évaluation des coûts de la maison. Il explique les différentes étapes nécessaires à ce processus ainsi que les coûts estimés des multiples groupes

d'éléments constituant la maison. Ce chapitre termine avec une estimation du coût total de la maison ERE 132 et présente la comparaison entre celle-ci et d'autres approches de construction. Le sixième chapitre fait un diagnostic de la position de la maison ERE 132 dans le marché immobilier de masse. Basée sur l'exercice du troisième chapitre ainsi que sur les résultats du cinquième, une réflexion sur l'abordabilité de la maison ERE 132, ses attraits et ses points faibles peut être faite. Finalement, le septième chapitre sert de bilan, de discussion et émet des recommandations pour la continuité du projet ERE 132. Un projet comme celui de la maison ERE 132 est large, il soulève plusieurs questions et stimule de multiples réflexions. Ce chapitre laisse donc la place à un processus de questionnement et de réflexion. Les recommandations faites dans ce chapitre sont le résultat des constats de ce travail; elles abordent l'intégration du modèle d'habitation proposé par le projet ERE 132 dans le marché de masse. Une courte conclusion clôt l'essai.

## **1. MÉTHODE DE TRAVAIL**

La méthode utilisée pour ce travail est composée de trois parties, visant l'atteinte de chacun des trois objectifs spécifiques identifiés dans l'introduction: une caractérisation du marché de l'écoconstruction et de ses consommateurs, une présentation du projet de la maison ERE 132 et une l'analyse des coûts d'une maison adaptée du modèle ERE 132, puis un diagnostic de sa position dans le marché immobilier.

Afin d'assurer la qualité et la légitimité des sources d'informations utilisées tout au long de ce travail, certains critères de qualité sont rigoureusement appliqués. Pour les sources d'informations tels les articles de périodiques, les pages sur Internet, les rapports et les études, ceux-ci doivent provenir d'un auteur ou d'un organisme légitime, dont les contributions sont jugées véridiques, raisonnables et cadrant avec ce projet. Une recherche sur ces derniers permet de vérifier ces points et de justifier la décision de retenir une source ou non. De plus, les sources retenues doivent être applicables au contexte de l'essai. C'est-à-dire qu'elles doivent être applicables au contexte géopolitique canadien et à l'époque actuelle. Pour ce faire, la date de publication du Rapport Brundtland (1987) est utilisée comme date limite de la recherche d'information. Cela dit, des exceptions peuvent être faites pour des sources d'importances et de grande pertinence pour le projet. Pour les sources d'information telles que les experts dans le domaine de l'écoconstruction et les différents intervenants dans le projet de la maison ERE 132, leur lien avec le projet et leur expertise sont confirmés à l'aide d'une recherche sur Internet ou d'une approbation du directeur.

### **1.1 Caractérisation du marché de l'écoconstruction et du consommateur immobilier**

Dans l'optique de correctement identifier le contexte dans lequel s'insère le projet de la maison ERE 132, une caractérisation du marché immobilier ainsi qu'une présentation sommaire de ses consommateurs est de mise.

#### **Caractérisation du marché de l'habitation écologique**

Une caractérisation du marché de l'écoconstruction est nécessaire pour pouvoir éventuellement cerner la position de la maison ERE 132 dans celui-ci. Cette caractérisation inclut une définition de l'écoconstruction, de ses approches et de ses principaux courants dans le contexte canadien et québécois. Ceci est fait à l'aide d'une revue de littérature, les études, articles et diverses publications de haute qualité étant abondants sur le sujet. Dans l'optique de rajouter une profondeur et une pertinence à cette section du travail, des experts du domaine de la construction conventionnelle ainsi que de celui de l'écoconstruction ont été rencontrés. Ces discussions permettent d'ajouter des éléments comparatifs dans le travail ainsi que des statistiques et des points de vue allant plus loin que ceux trouvés dans la littérature.

## **Caractérisation du consommateur immobilier**

Dans cette étape, une caractérisation du consommateur de l'habitation, autant pour l'écoconstruction que pour les approches plus conventionnelles, est réalisée. Ceci est effectué à l'aide d'études, de statistiques et d'articles sur le sujet. Pour ce faire, les enjeux importants pour chaque groupe sont identifiés, expliqués et mis en contexte. Encore une fois, la contribution d'experts permet d'enrichir la section de faits vécus et d'expériences.

### **1.2 Projet ERE 132 et évaluation des coûts de sa maison adaptée**

L'évaluation des coûts de la maison adaptée d'ERE 132 implique plusieurs étapes. Ci-dessous se trouve une liste de ces étapes ainsi qu'une explication de la méthode de travail employée pour chacune d'elle.

#### **Présentation de la maison ERE 132**

Le projet ERE 132 y est présenté. À l'aide de l'abondante documentation interne ainsi que de l'information issue du site Internet du projet, celui-ci peut être exposé de manière à fournir une base de compréhension ajoutant contexte et compréhension à l'analyse subséquente. Les aspects techniques de la maison, tels les dimensions, les fenêtres, la fondation et autres détails importants, sont aussi discutés.

#### **Évaluation des coûts de la maison adaptée d'ERE 132**

L'analyse financière de la maison adaptée du modèle d'habitation proposée par le projet ERE 132 vise à établir un coût associé à une maison de ce type prête à intégrer le marché immobilier de masse. Pour ce faire, la méthode de travail préconisée est composée de quatre étapes : l'élaboration des groupes d'éléments constituant la maison, l'adaptation des groupes pour les besoins d'un consommateur privé, l'évaluation des coûts de chaque élément de chaque groupe et, finalement, l'évaluation des coûts de la maison adaptée. Ce travail étudie spécifiquement les coûts initiaux de construction et n'aborde pas les économies sur le long terme associées à l'écoconstruction. Bien qu'elles soient critiques à cette approche de construction, elles sont mentionnées, mais pas calculées. Une description plus détaillée de la méthode de cette partie du travail se trouve dans la section 4.1.

### **1.3 Diagnostic de la position du modèle de la maison ERE 132 dans le marché**

Basé sur les sections précédentes, le diagnostic est l'étape finale nécessaire pour atteindre l'objectif général du présent essai. Ce diagnostic prend les résultats de l'analyse des coûts de la maison adaptée et les insère dans le portrait dépeint dans les chapitres sur le marché de l'écoconstruction et sur les consommateurs immobiliers. Ce faisant, une réflexion sur l'abordabilité du projet ERE 132 ainsi qu'une tentative de cerner la position du modèle d'habitation proposé par celui-ci peuvent être faites. Cette



section comporte trois parties. La première est une caractérisation de la compétition directe et indirecte du modèle ERE 132. La deuxième est une réflexion sur l'abordabilité de la maison adaptée. Puis, la troisième est une discussion sur les facteurs limitant le projet ERE 132, et l'écoconstruction au sens large, dans sa volonté de se développer et d'intégrer de manière plus importante le marché de masse de l'immobilier.

### **Les différentes approches et les coûts de la compétition**

Pour cette section, différents exemples sont recensés pour être comparés au modèle d'habitation de la maison ERE 132. Ces derniers sont présentés puis leurs prix totaux ainsi que leurs prix au pied carré ( $\text{pi}^2$ ) sont comparés à ceux de la maison ERE 132 adaptée pour le consommateur privé. Les exemples d'habitation sont recensés à partir de documents en ligne, d'études sur l'écoconstruction ainsi que des articles de presse traitants du sujet.

### **L'abordabilité de la maison ERE 132**

Cette section discute de la notion d'abordabilité pour le modèle d'habitation proposé par le projet ERE 132. Basés sur les chapitres et sections précédentes, des constats sur l'accessibilité et l'abordabilité de la maison étudiée sont émis. Les bons coups du projet ERE 132 ainsi que les éléments plus dispendieux sont mis en lumière dans un contexte d'intégration du marché de masse de l'immobilier.

### **Les problématiques et limites actuelles de l'écoconstruction dans le marché de masse**

Avec l'information recueillie sur le projet ERE 132 et sur son marché cible, des problématiques et des obstacles pour la pénétration de celui-ci (et de l'écoconstruction en général) dans le marché immobilier de masse sont identifiés et discutés. La documentation sur les difficultés de l'intégration de l'écoconstruction dans le marché de masse est relativement abondante et c'est sur celle-ci, combinée aux constats faits dans cet essai, que cette section est basée.

## **2. LE DOMAINE DE L'ÉCOCONSTRUCTION, SON MARCHÉ ET SES CONSOMMATEURS**

Ce chapitre étudie et présente, de manière sommaire, le domaine de l'écoconstruction, le marché immobilier ainsi que ses différents consommateurs.

### **2.1 Le domaine de l'écoconstruction**

Pour bien comprendre la réalité dans laquelle s'insère le projet de la maison ERE 132, il est nécessaire de caractériser le domaine plus vaste de l'écoconstruction. Pour ce faire, la définition, les fondements de l'approche ainsi que les objectifs de l'écoconstruction sont détaillés. Ensuite, quelques approches particulièrement pertinentes pour le projet de la maison ERE 132 sont présentées.

#### **2.1.1 Définition et tendances de l'écoconstruction**

L'approche de l'écoconstruction ne date pas d'hier. Une maximisation des gains énergétiques solaires ainsi que l'utilisation de ressources et matériaux locaux se font depuis des millénaires (Association of Green Property Owners and Managers [AGPOM], s. d.). L'engouement actuel pour l'écoconstruction provient en grande partie des années 1970 et de la crise énergétique de l'époque. Les prix élevés de l'énergie ont encouragé les pratiques de construction plus écoénergétiques (Bonneau, 2016). Les architectes de l'époque ont donc exploré différentes stratégies de construction et de design, en intégrant une plus grande variété de matériaux plus performants et plus écologiques dans leurs plans. Ce faisant, une prise en compte des impacts environnementaux de l'entretien et de l'opération des bâtiments ainsi qu'une vision de la construction allant au-delà de l'investissement initial intègrent le marché immobilier (Bonneau, 2016).

Comme discuté précédemment, les secteurs de l'habitation et de l'industrie de la construction contribuent de manière significative aux émissions globales de GES. De plus, ils sont responsables d'une importante consommation de ressources naturelles et ont la part du lion de l'empreinte écologique des Canadiens (Jouaneau, Beltran-Galindo et Ouellet-Plamondon 2016). C'est pour tenter de pallier ces multiples problématiques qu'intervient l'écoconstruction. Cette approche est multidisciplinaire et sujette à une grande variété d'interprétations et d'applications. Ceci dit, le fondement de l'approche est la réduction de l'empreinte écologique du bâti pour un plus grand respect des principes du développement durable (Gouvernement des États-Unis, 2016a).

Comme les impacts de l'habitation sont variés, les aspects pris en compte dans la conception de ces constructions sont nombreux. Ce qui distingue l'écoconstruction de méthodes plus conventionnelles, c'est son approche de conception et de construction intégrant une vision à long terme basée sur les trois facettes

du concept développement durable. Le gouvernement québécois définit le développement durable et ses trois piliers comme :

« ... un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Le développement durable s'appuie sur une vision à long terme qui prend en compte le caractère indissociable des dimensions environnementale, sociale et économique des activités de développement. » (*Loi sur le développement durable*)

L'écoconstruction intègre donc ces principes et vise une diminution de son impact environnemental à long terme par une prise de conscience de l'entièreté de son cycle de vie. Les piliers de cette approche sont donc une meilleure efficacité énergétique, un approvisionnement en ressources locales, une réduction de la consommation de matériaux, l'utilisation de matériaux écologiques et alternatifs, une gestion efficace de l'eau ainsi qu'une prise en compte de la santé des occupants (Créneau écoconstruction, 2017). Des facteurs tels l'emplacement de la bâtisse, sa taille et son orientation sont aussi des préoccupations majeures dans le processus de planification (Créneau écoconstruction, 2017). Dans certains cas, la gestion des îlots de chaleur et des eaux de pluie ainsi que la réduction de la pollution sonore sont intégrées dans la conception (Gouvernement des États-Unis, 2016a).

La prise en compte de ces facteurs a lieu dans les différentes étapes de la conception et de la construction d'un bâtiment. En effet, le choix du site optimal, la conception de la structure, la construction, l'opération, la maintenance, la rénovation ainsi que la déconstruction sont tous des aspects où l'écoconstruction est pertinente et applicable (Gouvernement des États-Unis, 2016a).

Ainsi, les bénéfices potentiels de l'écoconstruction sont multiples et s'inscrivent dans une vision de développement durable. Les avantages environnementaux incluent la protection et même le rétablissement de la biodiversité et des écosystèmes, une amélioration de la qualité de l'air, une réduction des flux de déchets ultimes ainsi que la réduction d'une utilisation non durable des ressources. En ce qui a trait aux avantages économiques, ceux-ci incluent la réduction des frais d'exploitation du bâtiment, la création et la stimulation de nouveaux marchés, le développement de l'approvisionnement local, une hausse de la productivité des occupants due à un environnement intérieur plus sain ainsi qu'une performance financière de l'immeuble bonifiée. Finalement, les avantages sociaux de l'écoconstruction sont un confort et une qualité de vie accrue, une hausse des qualités esthétiques de l'environnement bâti, une réduction du fardeau sur les infrastructures et services publics locaux, une amélioration de la qualité de vie générale de la population et bien d'autres. (Gouvernement des États-Unis, 2016b)

En somme, l'écoconstruction a le potentiel d'être une approche fondamentalement systémique visant une harmonisation de la relation entre la société et son habitat. Travailler de concert avec les dynamiques naturelles pour créer un environnement construit intégré permet un cycle de vie à moindre impact et un développement réellement plus durable de la société.

### **2.1.2 Différentes approches en écoconstruction**

Comme mentionné dans la section précédente, les approches en écoconstruction sont multiples. Les objectifs de chacune varient fortement selon l'effet escompté et les réalités de l'environnement dans lequel elle est implantée. Certaines approches se concentrent plus spécifiquement sur la consommation énergétique, tentant de réduire ou même d'inverser le bilan énergétique d'un bâtiment (Novoclimat et PassivHaus). D'autres ajoutent à leurs priorités l'utilisation de matériaux durables tels les matériaux recyclés, issus de ressources renouvelables ou des produits ne comportant pas d'éléments de synthèse (LEED). De plus, les objectifs varient selon l'utilisation du bâtiment. Les structures à vocation institutionnelle présenteront une réalité et des exigences qui différeront de celles d'une habitation privée. Étant donné le contexte et l'objectif de ce projet, l'accent est mis principalement sur les infrastructures ainsi que sur les approches à vocation résidentielle.

Dans certains cas, les démarches d'écoconstruction s'intègrent à même la législation et les codes de construction. En effet, le Règlement québécois modifiant le code de construction pour favoriser l'efficacité énergétique des bâtiments (partie 11) exige une performance énergétique accrue pour les résidences unifamiliales (*Règlement québécois modifiant le code de construction pour favoriser l'efficacité énergétique*). La performance demandée rencontre même, dans certains cas, les exigences de la norme Novoclimat, qui ont servi de référence pour le développement du règlement lui-même (Poirier, 2013). Le programme R-2000 a aussi influencé le Code national du bâtiment ainsi que le Code du bâtiment du Québec en ce qui a trait à l'efficacité énergétique, l'isolation et l'étanchéité des murs (Le Blanc, 2012). Les avancées et méthodes principalement en lien avec l'efficacité énergétique (domaine dans lequel l'écoconstruction a été pionnière) sont donc de plus en plus intégrées dans le marché de masse et la qualité des habitations en bénéficie à l'échelle du pays.

Pour illustrer la variabilité des approches et des méthodes d'évaluation de performance, ainsi que pour fournir une base de connaissances des approches en écoconstruction afin de mieux cadrer le projet ERE 132, quelques programmes sont présentés ci-dessous. Il s'agit de différentes approches en écoconstruction pertinentes au projet de la maison ERE 132 et au contexte de l'écoconstruction au Québec. Elles font partie intégrante de programmes officiels de certification. Les bases de ces différents programmes seront

présentées, suivies des chiffres sur l'intégration de ces programmes dans le marché de la construction et des investissements monétaires associés à chacun d'eux.

## **Novoclimat 2.0**

Le programme Novoclimat, initialement développé en 2000 par l'Agence de l'Efficacité Énergétique québécoise (maintenant abolie), en est aujourd'hui à sa deuxième version (Le Blanc, 2012). Novoclimat 2.0 est seulement présent sur le territoire québécois et est administré par le Bureau de Normalisation du Québec (BNQ). Ce programme vise les nouvelles constructions et les rénovations majeures de bâtiments résidentiels. Il se concentre sur l'efficacité énergétique de la structure (chauffage et climatisation), sur la qualité de l'air intérieur ainsi que sur la performance de l'isolation (Gouvernement du Québec, 2017a). Il n'aborde pas l'aspect social de la construction, ni les aspects environnementaux des matériaux utilisés et encore moins ceux du choix du site.

Des subventions gouvernementales sont offertes dans le but de faciliter l'intégration de ce programme, qui engendre généralement une hausse des coûts lors de la construction mais qui améliore également les performances de la maison, faisant d'elle un produit plus haut de gamme. L'investissement supplémentaire est typiquement estimé à 6 500 \$, ou approximativement 2 % de la valeur de l'immeuble, pour l'atteinte des critères de Novoclimat 2.0 (Le Blanc, 2012). Par contre, selon le type de bâtiment, on peut bénéficier d'une subvention allant jusqu'à 2 500 \$ pour les entrepreneurs certifiés Novoclimat et jusqu'à 3 400 \$ pour les acheteurs (Bonneau, 2016). À cela s'ajouteront les diminutions de coûts rattachées aux économies d'énergie qui seront réalisées sur le long terme.

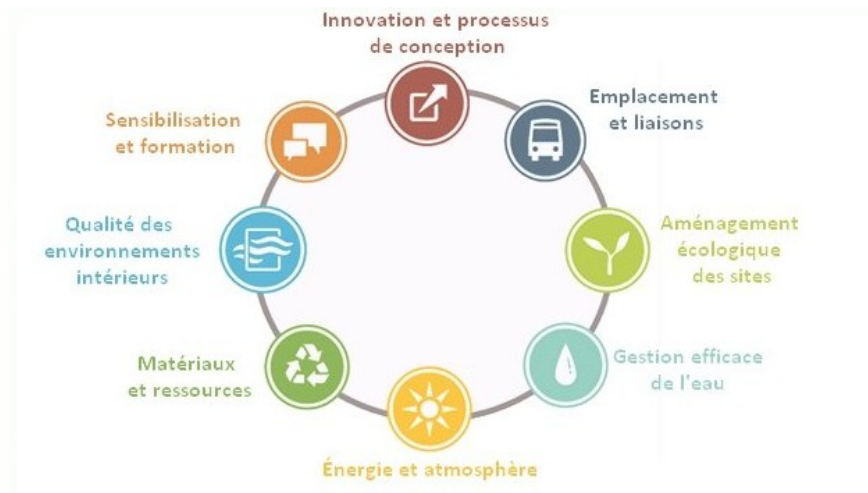
L'approche de Novoclimat améliore donc la qualité des produits d'habitation et est bien supportée par le gouvernement provincial. Ainsi, elle pénètre relativement bien le marché immobilier de masse, de sorte qu'entre 1999 et 2013, 16 500 maisons ont été certifiées Novoclimat et, depuis la mise à jour Novoclimat 2.0, 706 maisons détachées et 1 121 logements se sont inscrits au programme (Bonneau, 2016). Ce programme a intégré les pratiques générales de l'industrie et a influencé à la hausse la demande pour l'efficacité énergétique des bâtiments.

## **LEED pour les habitations**

La certification de constructions environnementales *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) provient des États-Unis et est gérée par le *United States Green Building Council* (USGBC). Cette certification est une référence en écoconstruction reconnue à l'échelle internationale en ce qui a trait à la conception, à la construction et à l'opération de bâtiments durables (ERE 132, 2017a). Celle-ci a été adaptée au contexte canadien par le Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCa). Procurant une

certification indépendante issue d’une évaluation par une tierce partie, la certification LEED pour les habitations est gérée par Écohabitation dans la province québécoise. Cette forme de la certification, visant spécifiquement les bâtiments résidentiels, comporte quatre niveaux de performance (bronze, argent, or et platine). L’obtention de ces différents niveaux est dépendante d’une échelle de points répartis dans huit aspects du processus de planification et de construction. (Poirier, 2013)

Basée sur les fondements du développement durable, la certification LEED préconise une approche holistique de conception et de construction. Les aspects qu’elle prend en compte assurent une performance à plusieurs niveaux, tant au plan technologique que par rapport à l’éducation et la sensibilisation sociale (Écohabitation, 2017). La figure 2.1 présente les huit catégories incluses dans le système de certification LEED.



**Figure 2.1 Les catégories de la certification LEED** (tiré d'Écohabitation, 2017)

Basée sur la compilation de points, répartis dans ces catégories, l'attribution d'un niveau de certification peut être déterminée. Le tableau 2.1 présente les seuils d'obtention des différents niveaux de la certification LEED, le niveau platine étant le plus performant.

**Tableau 2.1 Les niveaux de la certification LEED** (tiré de CBDCa, 2009)

| NIVEAUX DE CERTIFICATION DE LEED<br>CANADA POUR LES HABITATIONS | NOMBRE DE POINTS REQUIS |
|---|-------------------------|
| Certifié  | 45 - 59                 |
| Argent  | 60 - 74                 |
| Or  | 75 - 89                 |
| Platine   | 90 - 136                |
| disponibles   | 136                     |

La certification LEED rend possible des réductions de consommation énergétique allant de 30 à 70 %, des réductions de consommation d'eau allant de 40 à 50 % et une réduction de la pollution intérieure pouvant aller jusqu'à 50 %. Cette certification engendre des frais d'inscription. Par exemple, pour une maison de 250 000 \$, ces frais sont estimés à 500 \$ pour l'inscription au CBDCa, puis à 1 850 \$ supplémentaires pour la certification donnée par Écohabitation. Aucune subvention ne cible spécifiquement la certification LEED pour l'habitation, mais l'accès aux subventions octroyées pour la certification Novoclimat est accessible si les critères de celle-ci sont respectés. (Écohabitation, 2017)

Finalement, la certification LEED pour les habitations occupe une part de marché estimée à 0,5 % du marché résidentiel (Le Blanc, 2012). LEED pour les habitations vise le quart des nouvelles habitations aux performances écologiques supérieures (CBDCa, 2009). Au Québec, ceci se manifeste par 1 869 unités d'habitation certifiées ou en voie de l'être, tous niveaux de certifications LEED confondus (ERE 132, 2017b).

### **Passivhaus**

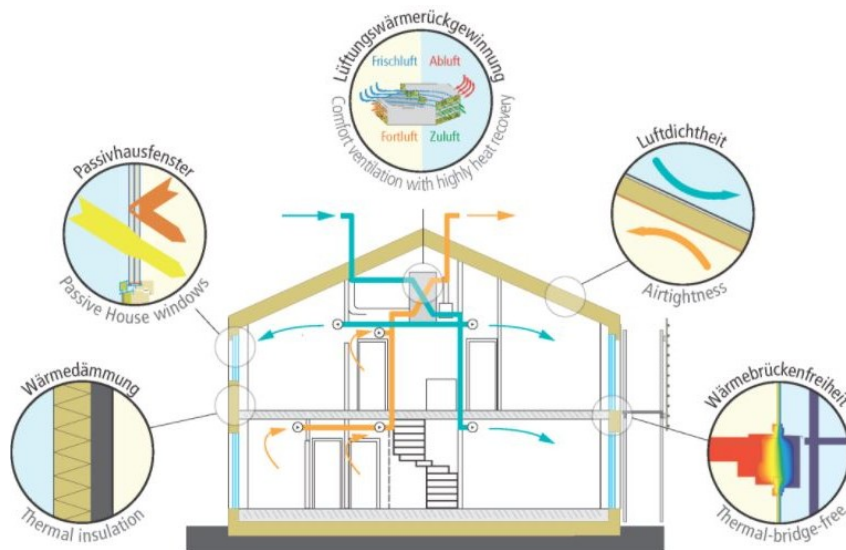
La maison passive, ou PassivHaus, est un concept de construction ultra étanche, très bien isolé et à très faible consommation énergétique, qui a été élaboré en Allemagne en 1988. Depuis, le concept est encouragé par l'Union européenne, et plus de 25 000 bâtiments ont été construits ou rénovés en respectant les exigences de la certification sur ce continent. Jugée trop exigeante par certains pour le climat plus froid du Canada, la maison passive n'y est pas aussi présente qu'en Europe ou aux États-Unis (Legault et Fauteux, 2011)

Administrée par le *PassivHaus Institute* (PHI) en Allemagne, cette norme est très exigeante en raison de la très faible consommation énergétique permise dans l'habitation certifiée. Plus spécifiquement, la consommation d'énergie permise pour le chauffage est 83 % plus faible que la moyenne des habitations

québécoises, et l'étanchéité demandée est quatre fois supérieure à celle de la norme québécoise Novoclimat. (Legault et Fauteux, 2011)

L'idée de la maison passive est de se départir des systèmes de chauffage et de climatisation traditionnels et de dépendre de méthodes de régulation de température alternatives, telles le rayonnement solaire, le chauffage solaire passif et la chaleur corporelle des habitants. De plus, la consommation énergétique totale de la maison est comptabilisée en vue de la certification, requérant une consommation énergétique faible des divers appareils électriques de la maison. (Breton, 2013)

Comme présenté dans la figure 2.2, les éléments fondamentaux de la maison passive sont une isolation thermique performante, des portes et fenêtres respectant les exigences de la maison passive, une ventilation avec récupération de la chaleur, une étanchéité de l'habitation à toute épreuve et l'absence totale de ponts thermiques. Tous ces éléments sont des exemples d'efficacité et de performance dans le domaine de l'écoconstruction, et les critères de performance imposés par la certification sont très stricts. (PHI, 2015)



**Figure 2.2 Les éléments d'une maison passive** (tiré de PHI, 2015)

L'investissement pour une maison qui répond aux exigences de la certification Passivhaus est de l'ordre de 10 à 15 % supérieur à celui qui doit être consenti pour une maison haut de gamme conventionnelle (Breton, 2013 ; Legault et Fauteux, 2011). L'idée de rentabilité à long terme sur les économies d'énergie est donc à la base de cette approche. En Europe, avec le prix élevé de l'énergie, la rentabilité d'une maison passive est atteinte dans une fourchette de 40 à 50 ans (Legault et Fauteux, 2011). Un autre aspect à prendre en compte est l'expertise supplémentaire requise pour ce type de construction. En effet, une main-



d'œuvre qualifiée est nécessaire pour la consultation, la conception ainsi que la certification (Breton, 2013).

## **R-2000**

Développé en 1982 par le ministère des Ressources naturelles du gouvernement canadien (en collaboration avec des experts de l'industrie de la construction), puis mis à jour en 2012, le programme R-2000 aborde la qualité de l'air intérieur, l'efficacité énergétique, la gestion de l'environnement, la gestion des ressources, la conservation de l'eau, le confort et la santé des résidents, la protection de l'environnement et l'utilisation de technologies de pointe (Gouvernement du Canada, 2016). La première version de la norme de 1982 visait une réduction de la consommation énergétique de 50 % par rapport au Code de la construction du Canada de 1975 (Shaw, Magee, Swinton, Riley, et Robar, 2001). La version de 2012 requiert une hausse de performance de 50 % par rapport à cette dernière (Le Blanc, 2012).

Le programme priorise les aspects de l'isolation et de l'étanchéité des bâtiments, ces éléments représentant la moitié des points possibles (Le Blanc, 2012). Les particularités d'une maison R-2000 sont donc une isolation performante des murs, des plafonds et du sous-sol, des portes et fenêtres performantes, un système de chauffage efficace, une ventilation de pointe, une étanchéité accrue de la structure ainsi que la présence de technologies de rétention d'eau (Gouvernement du Canada, 2016).

Cette norme a aussi été pionnière d'une nouvelle initiative de maisons saines au Canada. En 1991, le ministère des Ressources naturelles a mis en place le *Advanced Houses Program*, qui était basé sur les standards de performance de la norme R-2000, mais qui allait beaucoup plus loin en termes de qualité d'air intérieur, de réduction des déchets, de l'utilisation de matériaux sains et de l'élimination des chlorofluorocarbures (CFC). Ces avancements ont contribué à réduire la pollution de l'air intérieur des bâtiments à travers le pays. (Shaw et al., 2001)

La norme R-2000 requiert un entrepreneur certifié par le programme et est évaluée par une tierce partie indépendante. La certification elle-même est émise par le gouvernement canadien (Gouvernement du Canada, 2016). Il est estimé que l'obtention des seuils de performance de cette norme coûte un supplément de 10 000 à 40 000 \$, et ce, principalement à cause des surcoûts associés à la conception intégrant des technologies solaires passives ainsi que l'enveloppe plus performante de l'infrastructure (Le Blanc, 2012; Sachs, 2014). Le gouvernement fédéral n'accorde pas de subvention pour la construction d'une maison visant cette norme, mais, comme pour la certification LEED, les subventions provinciales associées à Novoclimat sont accessibles si les critères en sont respectés (Le Blanc, 2012). 8 000 maisons sont inscrites à la norme R-2000 à travers le pays (Shaw et al., 2001).

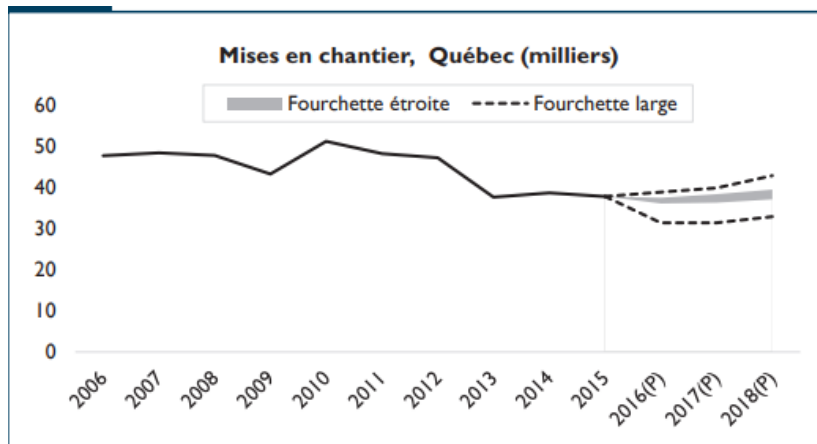
## **2.2 Le marché immobilier et le consommateur québécois de l'écoconstruction**

Dans l'optique d'une analyse de l'abordabilité du projet de la maison ERE 132, une caractérisation du marché immobilier, et plus spécifiquement celui de l'écoconstruction est nécessaire. Malgré le fait que le marché de l'écoconstruction demeure un marché niché, il reste tout de même lié aux fluctuations du marché de masse. Cette section expose donc les tendances actuelles du marché immobilier au Canada. Ensuite, le marché de l'écoconstruction est abordé. Les principales motivations à choisir ce type d'habitation ainsi que les contraintes ou facteurs dissuasifs concernant celui-ci sont aussi présentées. Finalement, le consommateur type de l'écoconstruction est sommairement défini.

### **2.2.1 Caractérisation du marché immobilier**

Le marché de masse de l'habitation au Québec est en constant changement et l'écoconstruction n'échappe pas à cette tendance. Plusieurs facteurs influencent la demande de constructions neuves dans la province, tels le prix généralement élevé des terrains, les objectifs de densification urbaine prônés par les villes-centres, la spéculation immobilière ainsi qu'un nombre croissant de propriétés sur le marché (Société Canadienne d'Hypothèque et de Logement [SCHL], 2016a). Le ralentissement de la croissance de la démographie du groupe d'âge situé entre 25 et 34 ans contribue à une moindre demande pour de nouvelles constructions de maisons individuelles (SCHL, 2016a). Qui plus est, les Canadiens font face à un problème d'abordabilité au niveau de l'immobilier de classe moyenne, selon un rapport sur l'abordabilité des propriétés canadiennes (Cox et He, 2016). En effet, entre 2000 et 2015, le prix de la maison canadienne a augmenté à un taux plus rapide que celui des revenus des Canadiens, pour atteindre une moyenne d'entre 2,0 et 3,3 fois le salaire annuel des ménages. Le futur ne s'annonce pas bien différent. Le *Conference Board* du Canada prédit une hausse des taux d'intérêt pour 2020, à la suite de laquelle 800 000 ménages n'auront plus accès à des hypothèques pour des maisons à prix moyen (Cox et He, 2016).

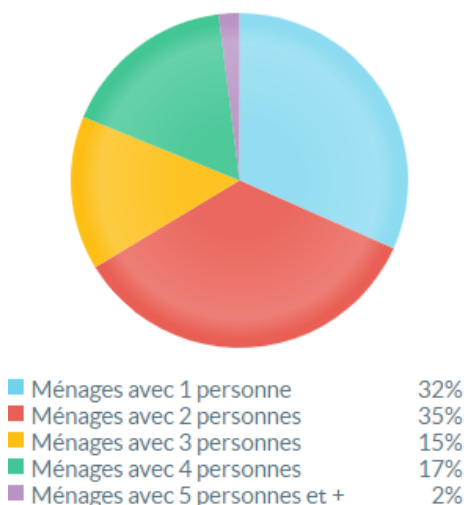
Cela dit, le ralentissement des marchés de l'Ouest contribue à une croissance économique au Québec, favorisant une potentielle augmentation de la consommation, des dépenses publiques et des emplois. Ces facteurs pourraient avoir une influence positive sur le marché immobilier. (SCHL, 2016b). La figure 2.3 présente la variation des mises en chantier des constructions neuves dans la province québécoise ainsi que les prédictions jusqu'à la fin de 2018.



**Figure 2.3 Prédications de mises en chantier d’habitations dans la province de Québec jusqu’en 2018**  
(tiré de SCHL, 2016b)

En ce qui concerne les ménages québécois, la taille de ceux-ci est majoritairement petite. Comme le démontre la figure 2.4, les ménages d’une ou de deux personnes représentent une très grande proportion des ménages de la province (Centris, 2015). La diminution de la taille de l’unité familiale est causée par une hausse des jeunes couples sans enfants, par un plus petit nombre d’enfants par famille (souvent un, parfois deux, beaucoup plus rarement trois), ainsi que par une plus grande proportion de personnes âgées vivant souvent en couple et même seules. Ce phénomène de ménage réduit crée une demande grandissante pour les habitations de plus petite superficie. (P. Etcheverry, conversation, 12 septembre 2017)

#### Profil des ménages privés

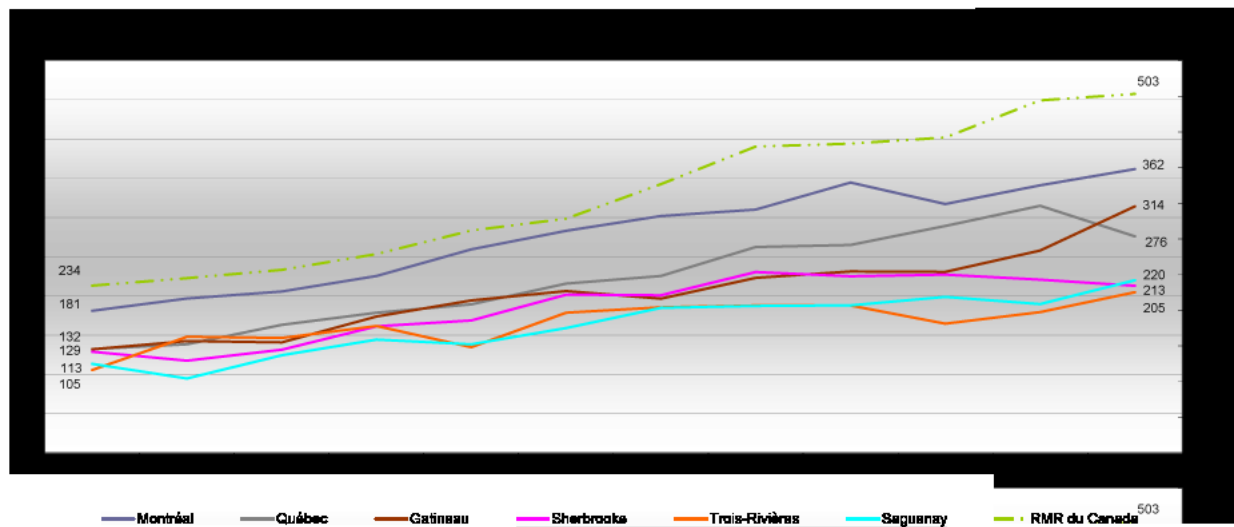


**Figure 2.4 Profil des ménages privés au Québec** (tiré de Centris, 2015)

Donc, ce qui caractérise le marché immobilier québécois, c'est une forte offre de propriétés, une réduction de la taille des ménages et de leurs moyens financiers, une demande croissante pour les résidences pour la population vieillissante ainsi que pour le marché locatif ou de copropriété (Cox et He, 2016; SCHL, 2016b). Cette situation devrait se traduire, au niveau des constructions neuves, par une demande accrue pour des habitations de taille plus réduite qu'auparavant. En ce qui concerne la tendance du marché des constructions neuves, la fourchette large de la prédiction du marché (figure 2.3) projette une faible hausse des mises en chantier jusqu'à une baisse marquée suivie d'une stagnation. La fourchette étroite prédit plus précisément une stabilisation et une faible hausse de mises en chantier jusqu'en 2018. (Cox et He, 2016)

### 2.2.2 Le prix d'une habitation individuelle conventionnelle au Québec et au Canada

En ce qui concerne le prix d'une habitation individuelle, il est sujet à de fortes variations en fonction d'une multitude de facteurs. La localisation du bâtiment influe de manière importante sur le prix de celui-ci, comme le montre la figure 2.5. Ce graphique démontre la progression du prix moyen des habitations individuelles ou jumelées au Québec et au Canada à partir de l'an 2000. Il permet de cerner le comportement du marché immobilier de masse, sans toutefois distinguer le prix du bâtiment de celui du terrain. Pour la province québécoise, le prix moyen d'une habitation incluant son terrain, en 2011, était de 276 000 \$ (Gouvernement du Québec, 2017b).



**Figure 2.5 Prix moyen des maisons individuelles et jumelées du Québec et du Canada, 2000-2011**  
(tiré de Gouvernement du Québec, 2017b)

Mis à part le prix du terrain, qui varie fortement à travers le pays et entre les zones urbaines et rurales, le prix de la construction en soi dépend d'une multitude de facteurs et est souvent mesuré à l'aide du prix au

$\text{pi}^2$ . La notion du prix au  $\text{pi}^2$  est omniprésente dans le marché de la construction et est souvent un enjeu central dans la relation entre l'entrepreneur et le client (Clay, 2015).

La forte variabilité de cette mesure ainsi que sa modification en cours de projet la rendent peu précise pour prédire le coût d'un projet. Cela dit, la fourchette de prix pour une construction résidentielle neuve semble se situer entre 100 et 250  $\$/\text{pi}^2$  (taxes en sus) (Lavigne, 2009). Cette fourchette comprend dans ses extrêmes les constructions bas de gamme et les constructions haut de gamme, ces dernières intégrant des matériaux et techniques de construction plus dispendieux (Home Advisor, 2017a). Aussi, lors d'une comparaison de prix au  $\text{pi}^2$  entre différentes habitations, il est critique de faire une comparaison basée sur les mêmes données et méthodes d'analyse. En effet, certains entrepreneurs incluent, ou non, les garages ou patios dans leur prix de  $\text{pi}^2$ , altérant le prix et la comparabilité de l'indice (Clay, 2015). En ce sens, ce qui est inclus dans cette fourchette de prix n'est pas clairement défini et n'est pas uniforme dans l'industrie. De plus, l'implication du propriétaire influe de manière importante sur ce prix. Mis à part l'autoconstruction, il est estimé que des économies de l'ordre de 15 % peuvent être atteintes avec une participation de celui-ci (Lavigne, 2009).

Afin d'obtenir une meilleure compréhension du marché immobilier de masse, Jean-Hugues St-Pierre, conseiller en habitation chez Pro-Fab, a été consulté. Son expertise dans le marché de l'habitation conventionnelle et de la vente immobilière donne une bonne perspective du marché de masse. Pro-Fab offre des maisons préfabriquées typiquement entre 1 200 et 1 800  $\text{pi}^2$  de superficie (excluant le sous-sol et le garage) avec des prix variant entre 130 000 \$ et 250 000 \$ et plus (incluant l'excavation, le sous-sol et presque toute la finition) pour les modèles de base (J.-H. St-Pierre, conversation, 4 octobre 2017). Bien entendu, le terrain n'est pas inclus dans ces prix. Cette compétitivité est atteinte par le modèle de préfabrication de Pro-Fab, la faible qualité des matériaux de construction utilisés ainsi que par l'échelle de la compagnie, permettant à la compagnie de baisser ses prix par rapport aux concurrents grâce à son important pouvoir d'achat. (J.-H. St-Pierre, conversation, 4 octobre 2017)

Selon monsieur St-Pierre, le prix au  $\text{pi}^2$  d'une maison est très difficile à prédire avant sa finition; il fluctue de manière importante selon les choix des propriétaires. La maison jugée comme comparable en termes de forme à ERE 132 par monsieur St-Pierre est le modèle Magnifika de Pro-Fab. Cette maison possède une aire de 1 824  $\text{pi}^2$ , incluant deux étages plus un sous-sol fini (exclu de l'aire de la maison, mais inclus dans le prix). Elle coûte, pour le modèle de base fini, 160 000 \$. Ceci correspond à un prix de 87,72  $\$/\text{pi}^2$ . Ce prix est bien en deçà des prix discutés plus haut, mais représente la qualité des matériaux la moins élevée. Il exclut certains éléments de finition, dont l'aménagement paysager, et est le résultat de l'important pouvoir d'achat de la compagnie. De plus, ce modèle de maison est préfabriqué en usine, réduisant de

manière importante les coûts de construction liés à la main-d'œuvre sur chantier. La comparaison d'ERE 132 et l'offre de Pro-Fab peut être considérée comme « comparer des pommes à des oranges », mais permet d'illustrer les prix du marché conventionnel. (J.-H. St-Pierre, conversation, 4 octobre 2017)

Un autre point de référence pertinent pour évaluer le prix d'une maison traditionnelle est le calcul des surcoûts d'un projet, approche utilisée par Kamco Construction, compagnie responsable de la construction de la maison ERE 132, dans son plan de visibilité pour le projet ERE 132. Selon Jean-Mathieu Drapeau, chargé de projet chez Kamco, une maison conventionnelle de deux étages, de bonne qualité et respectant les critères Novoclimat 1.0 (version du jour lors de l'analyse) est estimée à 3 000 \$ par mètre carré ( $m^2$ ) au sol ( $\text{nombre de } m^2 \text{ au sol} = (\text{nombre de } \pi^2 \text{ total} / \text{nombre d'étages}) / 10,76$ ), soit 243 000 \$ pour une maison d'approximativement 81  $m^2$  au sol, comme ERE 132. Ceci correspond à 95,75 \$/ $\pi^2$ . Selon M Drapeau, cette maison et ce prix de superficie sont comparables au projet de la maison ERE 132, car la maison conventionnelle est de même envergure. Par contre, la maison conventionnelle de Kamco n'est pas de la même gamme de qualité, point important à prendre en compte lors d'une comparaison avec ERE 132 (J.-M. Drapeau, courriel, 6 novembre 2017)

En somme, les prix au  $\pi^2$  des habitations varient autant que les désirs et que l'épaisseur du portefeuille des consommateurs. Cette courte analyse du marché et de différents produits démontre que, pour une maison épurée d'approximativement 1 800  $\pi^2$  aménagés (excluant un sous-sol non fini), le consommateur peut s'attendre à déboursier un minimum d'entre 82,72 et 95,75 \$/ $\pi^2$  pour une maison partiellement ou complètement préfabriquée conventionnelle respectant la norme Novoclimat. Comme mentionné dans la section sur les différentes certifications des habitations, le surcoût associé à l'atteinte de la norme Novoclimat varie entre 2 % et 3 % par rapport aux constructions conventionnelles (Gouvernement du Québec, 2005; Le Blanc, 2012).

### **2.2.3 Le marché de l'écoconstruction**

L'idée de l'écoconstruction est bien présente dans certaines sphères de la société québécoise moderne. Que ce soit un engouement médiatique pour les mini-maisons, un nouveau quartier urbain durable ou un article sur une maison écoénergétique en campagne, l'idée d'un mode de vie plus en harmonie avec l'environnement résonne chez plusieurs consommateurs. Ceci dit, pour le moment, l'écoconstruction est confinée à un marché de niche dans le marché immobilier global. Malgré un engouement pour ce type de construction, plusieurs facteurs ou idées préconçues limitent son adoption à grande échelle.

Pour tenter de caractériser le marché de l'écoconstruction, l'organisme québécois Écohabitation a effectué en 2014 une étude de marché sur l'habitation écologique dans la province. Au Québec, les maisons individuelles représentent 46 % du parc résidentiel (Centris, 2015). Cette étude montre que 98,5 % du parc

résidentiel québécois est constitué d'habitations faisant partie du marché potentiel de la rénovation et que seulement 1,5 % des habitations de la province sont considérées comme des constructions résidentielles neuves. De ces constructions neuves, 1,5 % sont des constructions considérées comme écologiques (Écohabitation, 2014). Ce chiffre contraste fortement avec ceux du reste du pays. En effet, Christopher Higgins du CBDCa estime qu'approximativement 15 % des nouvelles habitations canadiennes sont dotées d'une certification environnementale (Ottawa Citizen, 2014). Par contre, cette disparité est probablement due à la définition de construction écologique utilisée par Écohabitation.

Tirés de la même étude d'Écohabitation (2014), les facteurs dissuasifs et incitatifs à l'achat ou à la construction d'une maison écologique sont présentés dans les tableaux 2.2 et 2.3 respectivement.

**Tableau 2.2 Facteurs dissuasifs de l'écoconstruction** (compilation d'après Écohabitation, 2014)

| <b>Facteurs dissuasifs</b>  | <b>Pourcentage de réponse (%)</b> |
|---|-----------------------------------|
| Coûts des travaux trop élevés   | 43                                |
| Ne sait pas comment s'y prendre et manque de connaissances sur le sujet | 21                                |
| Inquiétude face à l'ampleur des travaux                                 | 17                                |
| Manque de temps   | 13                                |
| Autres  | 6                                 |

La perception d'un coût supérieur est donc le facteur principal qui décourage un grand nombre de clients potentiels de l'écoconstruction. En effet, 35 % des répondants de l'étude d'Écohabitation (2014) estiment de 1 à 10 % le surcoût d'une construction écologique et 39 % des répondants estiment ce surcoût à plus de 11 %. Seulement 14 % estiment que l'écoconstruction n'engendre pas de surcoûts et les derniers 12 % ne savent pas. En revanche, seulement 28 % des entrepreneurs en construction estiment le surcoût à plus de 5 %. Le reste des entrepreneurs sondés estiment à la baisse le supplément avec 66 % estimant un surcoût de 2 à 5 %, puis 6 % l'estimant à moins de 2 % (Écohabitation, 2014). Une cassure entre le supplément engendré par l'écoconstruction perçu par les consommateurs et les surcoûts réels tels qu'estimés par les contacteurs en construction est donc observable.

**Tableau 2.3 Facteurs incitatifs de l'écoconstruction** (compilation d'après Écohabitation, 2014)

| Facteurs incitatifs                              | Pourcentage de réponse (%) |
|--|----------------------------|
| Aides financières                                | 36                         |
| Accompagnement personnalisé par un professionnel | 22                         |
| Aggravation des changements climatiques          | 20                         |
| Augmentation des coûts des énergies fossiles     | 13                         |
| Autres   | 9                          |

Conséquemment, l'aide financière est le facteur incitatif le plus impactant concernant la décision d'entreprendre une construction écologique avec un taux de sélection par les répondants de 36 %. Cette aide financière prend la forme de subventions, de prêts à taux préférentiels, de crédits d'impôt, etc. De plus, si le facteur de l'augmentation des coûts des énergies fossiles (13 %) est ajouté à celui de l'aide financière, la part des incitatifs à caractère économique atteint 49 %.

L'aspect financier est donc central dans le marché de l'écoconstruction. Par conséquent, les investissements dans le domaine sont réfléchis et ne sont pas seulement issus d'arguments moraux. Malgré l'idée préconçue de coûts plus élevés lors de la construction de ces habitations, les différents labels, certifications et normes de performance environnementales jouent un rôle important dans la valeur ajoutée de ces propriétés. Aux États-Unis, il a été démontré que des résidences unifamiliales se vendent 9 % plus cher que des maisons du même type sans certification (Kok et Matthew, 2012). De plus, dans certaines villes américaines, des habitations respectueuses de l'environnement se vendent jusqu'à 23 % plus cher que des maisons conventionnelles (Sopher Sparn Architects, 2015). En ce qui concerne le Québec, l'étude d'Écohabitation (2014) démontre que les courtiers sondés estiment de 5 % à 15 % la valeur ajoutée d'une maison écologique sur le marché immobilier (Écohabitation, 2014). En effet, la valeur ajoutée aux propriétés due aux certifications environnementales varie fortement en fonction de l'idéologie environnementale locale et du coût de l'énergie (Kok et Matthew, 2012).

Des questionnements persistent à propos de cette valeur ajoutée. Pourrait-elle être attribuable à l'avantage concurrentiel et à l'engouement vis-à-vis de l'écoconstruction, ou simplement au fait que ces maisons coûtent juste plus cher à la construction, puisqu'elles sont généralement de plus haut de gamme, et donc que ce supplément serait transmis au prix de l'achat (De Pratto, 2015) ? Dans les faits, même en présence d'un potentiel surcoût associé aux matériaux, aux certifications, à la bonification de performance

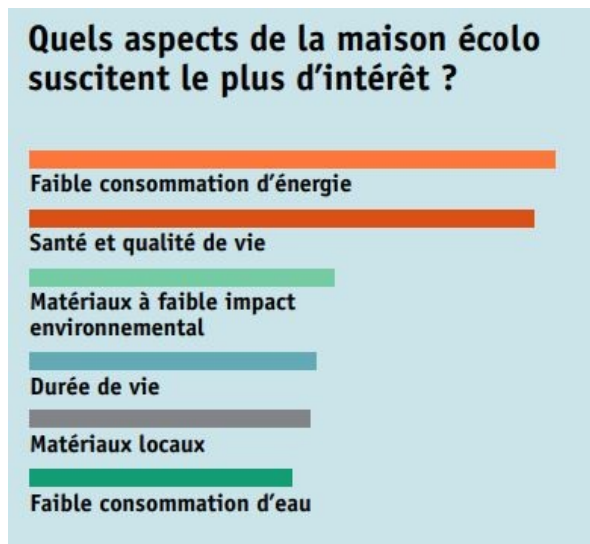


énergétique de l'habitation et à une qualité de construction plus élevée, il a été démontré que la valeur ajoutée dépasse ce surcoût de manière importante (Kok et Matthew, 2012). Plusieurs consommateurs sont donc prêts à déboursier des montants d'argent supplémentaires pour un produit de plus grande qualité, un investissement considéré comme plus durable, plus sécuritaire et, surtout, plus rentable (Sopher Sparr Architects, 2015).

#### **2.2.4 Le consommateur de l'écoconstruction**

Les consommateurs canadiens à conscience environnementale forment un groupe diversifié et bien représenté à travers les tranches d'âges. Ils sont considérés comme étant plus à l'aise financièrement, plus éduqués, plus conscients de la valeur de leurs achats et plus réceptifs aux fondements scientifiques sous-jacents aux enjeux environnementaux ainsi qu'aux vérifications et certifications de tierces parties indépendantes. En effet, ils ont une volonté de s'informer sur le sujet et sont donc ouverts à l'éducation et à la sensibilisation environnementale. Typiquement, ils veulent un mode de vie plus respectueux de l'environnement, sans toutefois sacrifier leur bien-être et leur confort. (Institut International du Développement Durable [iisd], 2013)

Plus spécifiquement à propos des consommateurs de l'écoconstruction, la clientèle potentielle est constituée de 55 % de femmes et 45 % d'hommes majoritairement âgés de 35 à 45 ans répartis à travers la province. La majorité de ces derniers se considèrent comme bien informés sur le sujet de l'écoconstruction. Les aspects considérés comme les plus attirants de l'écoconstruction pour la population sondée de l'étude d'Écohabitation (2014) sont présentés dans la figure 2.6. Il est intéressant de noter la prépondérance des deux éléments les plus populaires : la réduction de la consommation énergétique ainsi que la santé et la qualité de vie. L'aspect de la faible consommation énergétique rejoint les éléments incitatifs d'économie monétaire abordés plus tôt et celui de la santé et de la qualité de vie rejoignent les enjeux importants pour la population et le consommateur moyen présentés dans la section 2.2.5. (Écohabitation 2014)



**Figure 2.6 Aspects les plus intéressants de l'écoconstruction pour les Québécois** (tiré d'Écohabitation, 2014)

De la population sondée, 55 % projettent éventuellement de construire une maison neuve. De ceux-ci, 90 % comptent intégrer des notions et des éléments d'écoconstruction dans leurs habitations. Par contre, seulement 27 % visent l'obtention ou l'inscription à une certification ou à une norme officielle (Écohabitation, 2014).

Fondamentalement, le consommateur de l'écoconstruction est bien étudié et est déjà motivé à intégrer ces pratiques de conception et de construction responsable à son projet et à faire l'effort supplémentaire afin de réduire l'empreinte environnementale de son habitation. Ceci dit, dans l'optique de pénétrer le marché immobilier de masse, il est nécessaire de caractériser l'acheteur d'immobilier moyen, d'identifier quelles sont ses priorités et comment l'écoconstruction cadre dans celles-ci.

### 2.2.5 Le consommateur moyen de l'habitation

En ce qui concerne les maisons du marché immobilier de masse et la décision d'achat d'un particulier, les consommateurs ont de multiples attentes et divers critères de choix. Selon Jean-Hugues St-Pierre, le prix est leur première préoccupation. En effet, selon M. St-Pierre, 80 % de sa clientèle entreprend un processus de construction avec un budget maximal fixe et une grande préoccupation pour la maximisation des avoirs combinée à une économie monétaire tout au long du processus. Typiquement, le seuil de 200 000 \$ semble être la limite supérieure pour bien des consommateurs en ce qui concerne la construction d'une habitation neuve. (J.-H. St-Pierre, conversation, 4 octobre 2017)

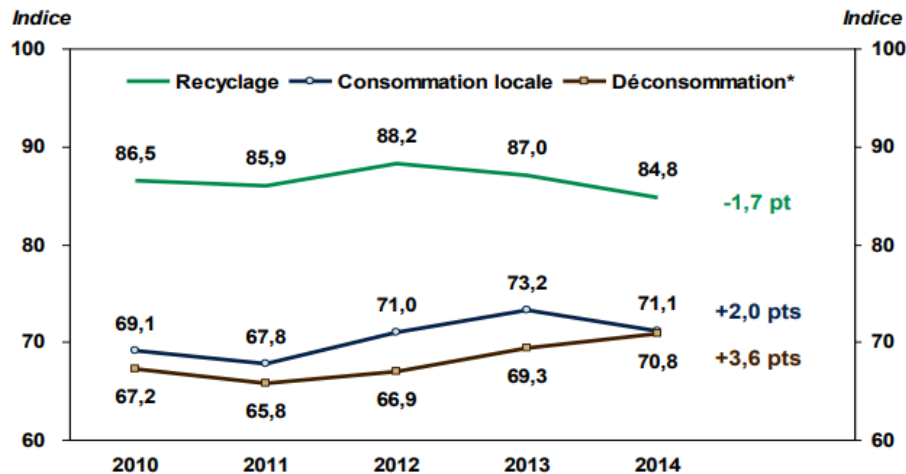
Ajoutés à cette contrainte, une multitude d'éléments sont importants pour les consommateurs immobiliers. Selon M. St-Pierre, les éléments auxquels les consommateurs tiennent sont les garde robes de type « *walk-*

in », une cuisine adaptée à leur goût (électroménagers, îlot de cuisine et fenestration) ainsi qu'une salle de bain spacieuse et bien aménagée. Lors du processus de conception, ces éléments sont souvent une préoccupation centrale pour eux et ont une influence majeure sur leur choix de maison (J.-H. St-Pierre, conversation, 4 octobre 2017). Les éléments tels l'orientation par rapport au soleil, la performance écoénergétique de la construction et la nature des matériaux sont des détails qui ne sont pris en compte que par une minorité de clients (J.-H. St-Pierre, conversation, 4 octobre 2017). Comme de fait, ces derniers ne sont souvent pas conscients de l'importance de ces facteurs sur la performance énergétique du bâtiment et sur leur qualité de vie, et n'en voient donc pas l'intérêt (P. Etcheverry, conversation, 12 septembre 2017).

À plus grande échelle, les consommateurs sont aussi typiquement concernés par les enjeux sociétaux de la santé, du développement du marché de l'emploi et du prix d'une habitation. Ces enjeux doivent être abordés et pris en compte d'une manière cohérente et adaptée par une approche d'écoconstruction voulant intégrer le marché de masse (P. Etcheverry, conversation, 12 septembre 2017). En effet, des liens étroits entre la santé et l'habitation ont été mis en évidence. Tel que discuté précédemment, l'OMS nous informe qu'une habitation peu performante en matière de qualité de l'air intérieur peut mener à une panoplie de problèmes de santé (WHO, 2010). De plus, cet enjeu prend de l'ampleur étant donné la grande proportion de temps que l'individu moderne passe dans un environnement intérieur (Créneau écoconstruction, 2017). Il est donc d'une grande importance que l'industrie de l'habitation priorise l'aspect de la santé dans son approche de conception des infrastructures, car une part grandissante de la population, spécialement la génération des milléniaux, se soucie davantage de cet enjeu au quotidien (Banque de Développement du Canada [BDC], 2016). (*Canada Pension Plan Investment Board [CPPIB], 2016*)

En ce à trait à l'emploi, les réflexions sur l'impact positif d'une transition vers une économie plus soutenable abondent. Par exemple, le Congrès du travail du Canada souligne que les initiatives d'efficacité énergétique et d'écoconstruction sont des moyens de création d'emploi à travers le monde (Congrès du travail du Canada, 2015). L'organisation propose que des plans et des politiques adaptés puissent stimuler le marché tout en réduisant les émissions de GES au niveau national. En ce sens, le *Green Economy Network* (GEN) a élaboré un plan d'écoconstruction au niveau fédéral pouvant réduire de 126 mégatonnes les émissions de GES, réduire la facture énergétique des Canadiens et créer 438 000 emplois sur cinq ans (GEN, 2016). D'ailleurs, c'est cette opportunité de développement régional et de création d'emplois locaux qui sont à la base de l'initiative du Créneau d'Excellence en écoconstruction, détaillé dans le prochain chapitre (Créneau écoconstruction, 2017).

Rattachée à la notion du développement de l'emploi se trouve celle de la consommation locale. Ce phénomène, quoique faible au Québec par rapport à ailleurs dans le monde, est un mouvement indéniable dont la tendance est à la hausse (Noreau, 2015). Comme l'illustre la figure 2.7, la consommation locale a été graduelle hausse au courant des dernières années.



**Figure 2.7 Évolution des indices par type de comportement responsable depuis 2010** (tiré de Noreau, 2015)

Bien que les impacts précis de cette tendance soient difficilement quantifiables, il n'en demeure pas moins que 70 % des particuliers sondés par une étude de la caisse Desjardins en 2015 disent qu'ils effectuent des achats locaux, sans toutefois spécifier la fréquence et les montants (Noreau, 2015). Il est par contre intéressant de noter que pour 64 % des répondants le premier critère pour un achat est le prix (Noreau, 2015). L'achat local, pour 39 % des répondants, est le facteur le plus important (Noreau, 2015). Ce phénomène semble être un :

« retour de balancier après une période de délocalisation industrielle et d'introduction massive de produits venus d'ailleurs. Les préoccupations croissantes des consommateurs pour l'environnement, la santé et la salubrité, alliées au choc de la récente crise financière, semblent avoir nourri l'achat local. On peut croire que la faiblesse actuelle du dollar canadien pourrait fortifier le mouvement au cours des prochaines années » (Noreau, 2015).

Supportée par les mouvements sociaux modernes, les tendances économiques et les pratiques individuelles de consommation, la consommation locale prend des forces. Un puissant exemple de ce fait est que l'enjeu de la consommation locale est une des principales revendications des dernières élections présidentielles et de la politique américaine actuelle (Ballingall, 2017).

Donc, les avantages du développement d'une industrie d'écoconstruction sont multiples et bénéficient à la population sur les points abordés plus haut. Cela dit, les questionnements qui persistent quant à

l'écoconstruction et son intégration du marché de masse sont en lien avec la notion de l'abordabilité et avec celle du surcoût associé à la construction de ces habitations (Écohabitation, 2017). Ceci dit, le domaine de l'habitation a progressé, les technologies ont évolué et le marché de l'écoconstruction s'est développé. Certains acteurs impliqués dans l'écoconstruction estiment qu'un niveau de performance élevé est accessible avec peu ou pas surcoûts et peut-être même à des coûts moindres que ceux qu'implique la construction traditionnelle (P. Etcheverry, conversation, 12 septembre 2017). C'est dans ce contexte qu'intervient le projet ERE 132, une écoconstruction tentant d'offrir des performances environnementales et énergétiques accrues, sans sortir de la gamme de prix des maisons conventionnelles.

### **3. LA MAISON ERE 132**

La maison ERE 132 est un projet unique en son genre. Basé sur les fondements du développement durable et de l'écoconstruction, ce projet vise à éduquer et à sensibiliser la population sur les possibilités et l'accessibilité des constructions performantes et respectueuses de l'environnement. La collaboration entre les différentes organisations de la région du Bas-Saint-Laurent, dans laquelle elle a été bâtie, et les communautés locales est une des facettes particulièrement intéressantes de ce projet. Ce chapitre abordera donc la genèse, la raison d'être du projet et l'impact souhaité de celui-ci, puis une description technique du bâtiment suivra.

#### **3.1 Présentation du projet**

Né de l'initiative de Pierre Etcheverry, ce projet a été réalisé dans la région du Bas-Saint-Laurent, sous la supervision d'un groupe d'experts mené conjointement avec Marie-Hélène Nollet des Architectes Goulet et LeBel, Alexander Reford des Jardins de Métis et le Créneau d'excellence mis en place en 2010 par Économie, Science et Innovation Québec. Le projet avait pour but de faire la promotion des industries locales de la construction verte et de la transformation du bois, et d'établir un pôle d'expertise en écoconstruction. C'est de ce besoin d'innovation et de mise en place d'un projet phare qu'est née la maison ERE 132.

Ce prototype de maison écologique, implanté dans les Jardins de Métis dans la municipalité de Grand-Métis (Bas-Saint-Laurent), permet l'exposition des techniques, matériaux et savoir-faire québécois, et plus spécifiquement ceux de la région du Bas-Saint-Laurent, en écoconstruction. Ce projet a le potentiel de rayonner dans le marché immobilier et d'influencer celui-ci à grande échelle. Il se veut une option de maison écologique abordable et accessible pour le consommateur immobilier. Fruit d'une collaboration entre les acteurs en construction performante, des entrepreneurs et des organismes publics de la région, la maison ERE 132 est une vitrine mettant en vedette le savoir-faire et les ressources locales. Ce sont 76 partenaires d'affaires et de multiples parties prenantes de la région qui se sont regroupés pour mener à bien ce projet. Ce modèle d'écoconstruction, ancré dans les fondements du développement durable, met à l'avant-plan de sa conception le patrimoine architectural local ainsi que la participation de la communauté et des entreprises de la région. De plus, la maison est un laboratoire vivant, permettant d'étudier la durabilité et la dégradation des matériaux, la consommation énergétique et la qualité de l'air. En collaboration avec le Cégep de Rimouski, les données générées serviront à approfondir les connaissances sur les avantages de l'écoconstruction et à stimuler la recherche et le développement en écoconstruction. (ERE 132, 2017b)

La maison ERE 132 est également une importante vitrine permettant de rejoindre, éduquer et sensibiliser la population quant à l'importance de l'écoconstruction, mais, plus spécifiquement, quant aux options disponibles, à l'accessibilité d'une telle maison et au confort qu'elle accorde. Sa localisation dans les Jardins de Métis, un attrait touristique déjà bien implanté dans la région, permet à la maison ERE 132 une bonne visibilité. Au cours des trois dernières années, ce sont près de 50 000 visiteurs qui ont pu accéder à la maison, à son terrain aménagé et aux multiples affiches informatives sur les lieux. L'option de louer la maison pour y passer la fin de semaine est aussi offerte. Ceci permet aux visiteurs de vivre pleinement l'expérience d'une maison écologique (P. Etcheverry, conversation, 12 septembre 2017). Aussi, de par son affiliation avec le Créneau en Écoconstruction, le projet de la maison ERE 132 opère dans un contexte de « développement des marchés, d'actualisation des connaissances, d'innovation et de mobilisation des intervenants. » (ERE 132, 2017b). Le projet de la maison a comme objectifs de « consolider le réseau d'entreprises vouées à l'écoconstruction au Bas-Saint-Laurent, de valoriser le savoir-faire régional en la matière et de stimuler les ventes de produits écologiques régionaux » (ERE 132, 2017b).

### **3.2 Description technique de la maison ERE 132**

ERE 132 est une maison unifamiliale détachée ayant une superficie habitable de  $173 \text{ m}^2$ , ou  $1862 \text{ pi}^2$ , sur un terrain de  $600 \text{ m}^2$  dans les Jardins de Métis. La maison est disposée de manière à ce que l'une des faces les plus larges soit orientée vers le sud/sud-est afin de maximiser les gains solaires. Cette face sud est celle qui contient la plus grande quantité de surface fenêtrée. Le ratio mûr/fenêtres de la maison entière est de 13,7 %, avec la très grande majorité des fenêtres se retrouvant sur la façade sud, tel qu'observable dans les figures 3.1 et 3.2.



**Figure 3.1 La façade sud de la maison ERE 132 (tiré d'ERE 132, 2017c)**



**Figure 3.2 La façade nord de la maison ERE 132** (tiré d'ERE 132, 2017c)

Afin de réduire les ressources et matériaux nécessaires à sa construction, la maison ERE 132 repose sur une dalle de béton agissant comme fondation et n'a donc pas de sous-sol. Ceci est fait dans l'optique de réduire l'empreinte environnementale de la maison sur le terrain qui la reçoit ainsi que le coût associé aux matériaux de construction. De plus, la dalle de béton agit comme masse thermique, captant l'énergie solaire et fournissant de la chaleur à l'habitation. En effet, l'exploitation de l'énergie solaire passive est une idée centrale au projet. Une grande proportion des fenêtres de la maison sont orientées vers le sud, permettant le rayonnement solaire sur la dalle. De plus, des pare-soleils et un toit étendu au-delà du mur sud permettent le passage des rayons du soleil durant les mois plus froids, quand le chauffage est nécessaire, mais procurant de l'ombre durant les mois d'été, tel qu'illustré par les figures 3.3 et 3.4 ci-dessous (Compilation LEED ERE 132). Cet arrangement maintient la maison à une température agréable tout au long de l'année en n'engendrant aucune consommation électrique supplémentaire.



**Figure 3.3 Angle du soleil sur la maison ERE 132 le 21 décembre à midi** (tiré de Compilation LEED ERE 132)





**Figure 3.4 Angle du soleil sur la maison ERE 132 le 21 juin à midi** (tiré de Compilation LEED ERE 132)

En ce qui concerne les moyens de chauffage plus traditionnels, la dalle de béton de la maison contient un système de plancher chauffant hydronique, permettant de bonifier l'apport thermique de la dalle et du solaire passif. Aussi, la maison est munie d'une multitude de plinthes électriques radiantes et de thermostats électroniques. Ceux-ci permettent de compléter l'apport du solaire passif dans les climats plus froids et de maintenir la température intérieure au niveau désiré par les occupants. (Compilation LEED ERE 132; ERE 132, 2017a)

Dans sa disposition actuelle, la maison ERE 132 contient trois chambres à coucher. Elle est dessinée selon des besoins spécifiques, c'est-à-dire pour agir en tant que vitrine exposant différents produits et technologies d'écoconstruction. En ce sens, le deuxième étage est majoritairement occupé par une aire d'interprétation qui présente les différentes techniques et matériaux d'écoconstruction intégrés au projet. La maison ERE 132 est fortement inspirée de son environnement. Comme discuté précédemment, les matériaux utilisés sont principalement locaux et l'utilisation du bois, ressource importante de la région du Bas-Saint-Laurent, est mise au premier plan. De plus, l'esthétique et le design de la maison sont issus de l'histoire et de l'héritage de la région. En effet, la maison ERE 132 s'inspire des maisons traditionnelles locales et est adaptée aux besoins de la collectivité. (Compilation LEED ERE 132; ERE 132, 2017a)

Néanmoins, cette maison propose des changements au mode de vie des résidents vers un comportement plus économe en énergie et en ressources. Par exemple, la cuisine de petite taille présente des électroménagers plus compacts et plus performants, réduisant la consommation électrique, mais nécessitant des compromis quant au volume du four, à la grosseur des brassées de lavage et à la taille du lave-vaisselle. Aussi, l'absence de sous-sol nécessite une adaptation à moins d'espace d'entreposage.

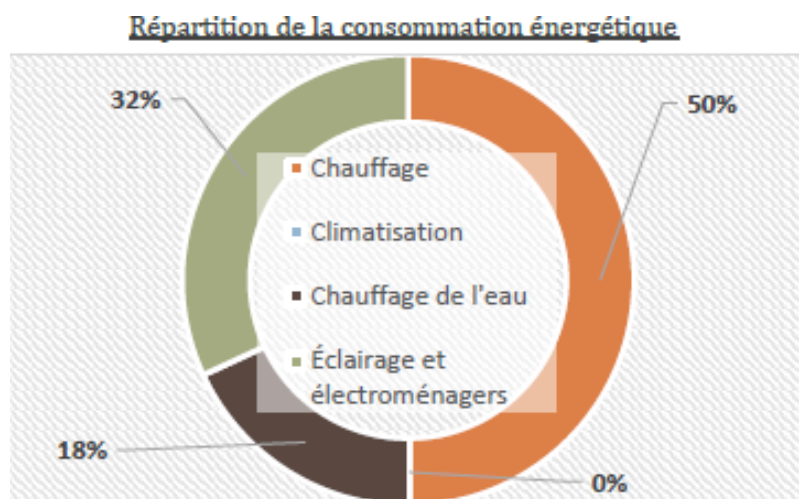
Dans sa disposition actuelle, la maison ERE 132 est très performante au niveau environnemental : elle atteint les seuils de performance Novoclimat 2.0 ainsi que LEED platine. En ce qui concerne la norme Novoclimat 2.0, ERE 132 dépasse de loin le seuil de performance. Comme présenté dans le tableau 4.5,

les murs, le toit ainsi que la fondation surpassent les performances demandées. Pour ce qui est de la certification LEED, la maison atteint le niveau platine, performance la plus élevée de la certification LEED pour habitations. En effet, la maison a obtenu 89 points LEED lors de sa certification. Le tableau 3.1 présente le pointage en fonction des différentes catégories de la certification.

**Tableau 3.1 Points LEED de la maison ERE 132** (tiré d'ERE 132, 2017a)

| LEED® Facts - Valeur écologique pour une maison certifiée LEED® |                    |                               |
|---|--------------------|-------------------------------|
|   | Pointage potentiel | Pointage de la Maison ERE 132 |
| Innovation et processus de conception                           | 11                 | 10                            |
| Emplacements et liaisons  | 10                 | 1                             |
| Aménagement écologique des sites                                | 22                 | 14                            |
| Gestion efficace de l'eau                                       | 15                 | 5*                            |
| Énergie et atmosphère   | 38                 | 24                            |
| Matériaux et ressources   | 16                 | 15                            |
| Qualité des environnements intérieurs                           | 21                 | 18                            |
| Sensibilisation et formation                                    | 3                  | 2                             |
| Total   | 136                | 89                            |

La maison ERE 132 obtient des cotes de consommation énergétique très intéressantes. Lors d'une évaluation de l'efficacité énergétique du bâtiment par Évaluation Écohabitations, la maison a obtenu une cote de *Home Energy Rating System* (HERS) de 43, ce qui correspond à une enveloppe qui est 61 % plus performante que celle demandée par le Code du Québec (consommation de 45 kWh/m<sup>2</sup> comparés à 114 kWh/m<sup>2</sup>) ainsi qu'une consommation énergétique 63 % plus basse que la moyenne (consommation 90 kWh/m<sup>2</sup> comparés à 242 kWh/m<sup>2</sup>). Cette évaluation estime à 15 614 kWh la consommation totale de la maison et la figure 3.5 présente comment cette énergie est consommée.



**Figure 3.5 Répartition de la consommation énergétique de la maison ERE 132** (tiré d'Évaluation HERS Écohabitation du projet ERE 132)

De plus, la maison ERE 132 obtient une cote ÉnerGuide de 84 % (Compilation LEED ERE 132). Cette cote évalue de manière précise l'efficacité d'une habitation. La localisation du bâtiment et son climat sont pris en compte dans l'évaluation, permettant une comparaison entre les habitations d'une même région. La cote de 84 % obtenue par la maison ERE 132 correspond à une « maison neuve très écoénergétique » (Gouvernement du Québec, s. d.) et les cotes de 91 en montant représentent les « maisons nécessitant peu ou pas d'achat d'énergie » (Gouvernement du Québec, s. d.).

Tel que présenté dans la section précédente, la maison ERE 132 est une vitrine ainsi qu'un lieu public. Elle est donc soumise à une panoplie de contraintes et contient des éléments qui ne sont pas pertinents pour le consommateur privé. En effet, les installations ignifuges, le panneau électrique commercial, les systèmes d'affichage d'urgence et les autres équipements associés à la réglementation pour un lieu public ne doivent pas être pris en compte dans le contexte d'un calcul de la valeur d'une maison vouée à la consommation privée. De plus, la maison ERE 132 est un prototype qui a nécessité de gros investissements en recherche et développement. Tout ceci a eu un impact important sur son prix, car elle est le résultat d'un long processus de conception et de construction mené par une grosse équipe, elle contient une grande variété de matériaux et de techniques de construction à démontrer et sert de laboratoire pour l'étude de ses performances. Le prix réel total de la maison ERE 132 n'est donc pas représentatif de ce qu'une version adaptée coûterait au consommateur moyen. (P. Etcheverry, conversation, 12 septembre 2017)

#### 4. ANALYSE DES COÛTS DE LA MAISON ADAPTÉE DU MODÈLE ERE 132

Tel qu'abordé dans la section 4.2, la maison ERE 132 n'est pas adaptée à un consommateur privé. En vue d'une analyse des coûts de cette maison pour une éventuelle intégration au marché de masse, une adaptation doit être effectuée. C'est donc de ce besoin qu'est née la maison adaptée, sujet de l'analyse financière du présent travail. Celle-ci est essentiellement identique à la maison ERE 132, mais se départit des éléments superflus et non adaptés au consommateur en lien avec le rôle de vitrine, de prototype et de laboratoire. Ces éléments seront détaillés et expliqués dans la section 4.2.

En plus d'être adaptée au propriétaire privé, la maison repensée permet une comparaison avec d'autres maisons, cernant concrètement sa position dans le marché conventionnel. Les comparaisons faites facilitent l'illustration des opportunités d'économies par rapport aux modèles conventionnels, les éléments plus coûteux et les différences entre les multiples approches de construction.

Dans l'optique d'atteindre son objectif d'abordabilité et d'être pertinente dans son marché cible, il serait bon que la maison adaptée du modèle d'habitation proposé par ERE 132 coûte un prix au  $\text{pi}^2$  qui soit le plus proche possible de celui d'une maison conventionnelle, mais avec une performance énergétique bien supérieure et une empreinte environnementale fortement réduite. À l'extrême, pour une maison d'approximativement  $1\,800\text{ pi}^2$ , il serait idéal de viser un coût total de construction sous la barre des 200 000 \$ (soit moins de  $111\text{ \$/pi}^2$ ), car c'est la limite supérieure pour bien des acheteurs dans le marché conventionnel (J.-H. St-Pierre, conversation, 4 octobre 2017). Ce prix cadre avec le prix moyen de 276 000 \$ pour une habitation et son terrain dans la province québécoise, comme présenté dans la figure 3.3. De plus, le marché cible de la maison ERE 132 est celui des consommateurs qui sont rendus à l'achat de leur deuxième maison, permettant un investissement un peu plus élevé que les propriétés les moins dispendieuses, mais devant tout de même rester le plus près possible de la moyenne. En ce sens, la présente analyse vise à quantifier le coût de la maison adaptée et à vérifier sa position par rapport à cette gamme de prix.

Tel que discuté plus haut, la maison ERE 132 est un projet certifié LEED platine. Pour la maison adaptée, l'objectif est d'être écoénergétique et écoresponsable, mais aussi d'être abordable. Le maintien de la certification n'est donc pas pris en compte lors de l'exercice d'adaptation de la maison, étant donné l'impossibilité de faire évaluer la maison adaptée par un certificateur LEED et le fait que la majorité des acheteurs québécois ne pensent pas faire certifier leur nouvelle habitation (Écohabitation, 2014).

Comme identifié dans la section sur le marché de l'écoconstruction, l'abordabilité est au cœur des préoccupations des consommateurs immobiliers canadiens. Ce projet d'écoconstruction a parmi ses objectifs principaux de proposer un modèle d'écohabitation accessible financièrement pour le

consommateur moyen et compétitif sur le marché immobilier de masse. De fait, ce sont les coûts d'investissement initiaux de la maison qui sont essentiellement abordés dans ce travail, car ce sont principalement ceux-ci qui participent de manière importante à freiner l'adoption de l'approche écologique dans la construction. La rentabilité sur le long terme à l'aide des économies énergétiques fait partie intégrante de l'approche de la maison écologique, mais elle n'est pas explicitement prise en compte pour l'analyse des coûts de ce projet.

Dans le but de déterminer l'abordabilité du modèle d'habitation proposé par la maison ERE 132, ce chapitre vise à estimer le prix des différents groupes de matériaux et éléments qui constituent une écoconstruction basée sur le modèle de la maison ERE 132. Pour ce faire, la méthode de travail est présentée; les différentes étapes du processus d'analyse sont expliquées. Ensuite, les divers groupes d'éléments sont abordés : une adaptation de ceux-ci pour un modèle de maison destinée au consommateur privé est faite, puis est suivie de l'estimation du coût pour chaque élément et groupe. Finalement, les coûts obtenus sont comptabilisés pour obtenir un prix total pour la maison adaptée, lequel est utilisé pour déterminer son abordabilité dans le contexte du marché immobilier décrit dans le chapitre précédent.

#### **4.1 Méthode de travail de l'évaluation des coûts**

Cette section détaille de manière plus approfondie la méthode de travail pour l'évaluation des coûts de la maison adaptée du modèle ERE 132.

##### **Élaboration des groupes d'éléments constituant la maison**

Dans l'optique d'effectuer l'évaluation des coûts de manière ordonnée et efficace, des groupes d'éléments sont formés. Ces groupes recensent les éléments constitutifs de la maison d'une manière concise, mais complète. Ceux-ci sont :

- Charpente, toiture et recouvrement
- Revêtements des planchers
- Fondation
- Murs intérieurs
- Isolation
- Énergie
- Autres coûts

Ces groupes contiennent chacun des éléments auxquels sont attribués des coûts à la suite de l'exercice d'adaptation. Des sous-totaux pour chaque groupe permettent d'identifier les plus importants en matière de coût dans l'optique d'une comparaison.

### **Adaptation des groupes pour les besoins d'un consommateur privé**

Comme mentionné précédemment, la maison inclut des éléments voués à l'aspect touristique et commercial des Jardins de Métis et contient une grande variété de matériaux et de techniques de construction pour en faire la promotion. À partir d'une liste exhaustive des matériaux inclus dans ERE 132, les éléments et matériaux sont recensés dans les groupes énumérés plus haut. Ensuite, un exercice d'épuration et d'adaptation de la maison au consommateur privé est effectué. La sélection des matériaux et des composantes retenus pour la maison adaptée est faite en collaboration avec les parties prenantes de la maison ERE 132 et est fondée sur les objectifs du projet, sur les besoins des consommateurs tels qu'explorés dans le chapitre trois, sur l'accessibilité des matériaux pour un marché élargi et, ultimement, sur un souci d'économie monétaire.

### **Évaluation des coûts de chaque élément de chaque groupe**

À la lumière des éléments retenus dans l'exercice d'adaptation de la maison ERE 132 pour le consommateur privé, une évaluation des coûts peut être entamée. Cette étape implique des communications avec des fournisseurs ainsi qu'avec des professionnels du domaine pour des estimés en lien avec le projet pour chaque élément retenu. L'information nécessaire à cette analyse concerne les prix des produits ainsi que leurs caractéristiques, pour vérifier s'ils sont comparables avec les matériaux de la maison ERE 132. L'utilisation des fournisseurs initialement impliqués dans le projet ERE 132 est priorisée, car ils connaissent le projet et y ont contribué. Ceci dit, s'ils ne sont pas réceptifs ou ne sont pas disponibles, des fournisseurs et des références externes sont utilisés. En ce sens, les données recueillies dans cette étape proviennent de conversations avec des fournisseurs, de sites Internet de fournisseurs ainsi que d'estimations par des compagnies de construction et de rénovation. En utilisant les plans de la maison ERE 132 pour déterminer les quantités de matériaux nécessaires, des coûts approximatifs pour chacun peuvent être estimés.

### **Évaluation du coût de la maison adaptée**

Lorsque toutes les données financières sur les différents éléments de la maison adaptée sont compilées dans leurs groupes respectifs, une compilation générale des coûts peut être faite. La somme de ces montants représente le coût approximatif d'un modèle adapté de la maison ERE 132. De plus, l'évaluation des coûts de ce nouveau modèle implique des comparaisons avec d'autres modèles d'habitations conventionnelles afin de situer la maison adaptée d'ERE 132 par rapport à de potentiels concurrents.

## 4.2 Les groupes d'éléments de la maison adaptée et leurs coûts

Cette section inclut les groupes d'éléments et de matériaux de la maison ERE 132 et du modèle adapté. Chaque groupe est présenté puis est accompagné d'une explication sur les différences entre la maison ERE 132 et le modèle adapté. Une estimation des prix de chaque élément et matériau d'un groupe est obtenue et est présentée dans un tableau situé au début de chaque section de groupe.

Pour cette partie du travail, il est important de prendre en compte la grande diversité de matériaux, d'éléments préfabriqués, d'éléments fabriqués sur-mesure et d'éléments requérant beaucoup de main-d'œuvre. En ce sens, le format des coûts varie selon l'élément étudié. En ce qui concerne la main-d'œuvre pour les éléments pour lesquels celle-ci n'est pas incluse, un ratio de prix composé de 50 % matériau et 50 % main-d'œuvre est utilisé, tel que proposé par Jean-Mathieu Drapeau, chargé de projet chez Kamco Construction, une compagnie très impliquée dans le projet ERE 132 (J-M. Drapeau, courriel, 6 novembre 2017).

De plus, par souci d'uniformité, le m<sup>2</sup> est utilisé comme unité de mesure de superficie pour ce chapitre, car les plans de la maison ERE 132 sont en unités métriques. L'unité du pi<sup>2</sup> sera réintégrée pour les comparaisons, les recommandations et la discussion finale.

### 4.2.1 Charpente, toiture et parement

La charpente consiste en l'ossature de la maison; dans ce cas-ci, elle est en bois. Pour la charpente et le recouvrement du bâtiment, limiter les pertes des matériaux à 10 % maximum était une priorité pour le projet ERE 132. Ainsi, la maison a été conçue de manière à être simple architecturalement et de faible surface extérieure par rapport à son volume intérieur. L'utilisation d'essences de bois locales était aussi une priorité pour le projet ERE 132. Dans l'éventualité où ceci n'est pas possible, du bois de l'extérieur certifié *Forest Stewardship Council* (FSC) est requis pour le projet ERE 132. La catégorie de la charpente, toiture et parement regroupe le recouvrement du toit, la charpente de la maison, le recouvrement des murs extérieurs, ainsi que les portes et fenêtres extérieures. Le tableau 4.1 présente une estimation des coûts des différents éléments inclus dans cette section.

**Tableau 4.1 Coûts de la charpente, toiture et du parement**

| Charpente, toiture et parement |           |
|--------------------------------|-----------|
| Élément                        | Prix (\$) |
| Recouvrement de la toiture     | 15 630    |

**Tableau 4.1 Coûts de la charpente, toiture et du parement (suite)**

|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| Charpente de la maison         | 67 310         |
| Parement extérieur             | 13 490         |
| Portes et fenêtres extérieures | 25 304         |
| <b>Total</b>                   | <b>121 734</b> |

**Recouvrement de la toiture**

La maison ERE 132 est recouverte d'une toiture en bardeau d'aluminium (Gentek, bardeau TM, modèle ardoise). Selon la documentation interne du projet, la toiture métallique de la maison ERE 132 coûte 13 425 \$ (J.-M. Drapeau, courriel, 6 novembre 2017). Pour ce qui est de la maison adaptée, une toiture en aluminium est aussi à privilégier étant donné la longue vie du matériel, ses qualités esthétiques et ses avantages environnementaux. Celui-ci a une durée de vie d'au moins 50 ans grâce aux propriétés anticorrosives du métal et est garanti à vie par certains fournisseurs. De plus, les bardeaux d'aluminium contribuent à réguler la température interne de la bâtisse durant l'été en réfléchissant une partie des rayons solaires. Ils sont aussi résistants au feu, réduisent les risques de la propagation de moisissures et sont composés de jusqu'à 95 % de matériaux recyclés (Classic Products Roofing Systems, s. d.).

En ce qui concerne le prix de ce type de matériau, celui-ci varie fortement en fonction du projet, de ses particularités et de sa complexité, mais demeure généralement plus dispendieux que les toitures en bardeaux d'asphalte et que certaines toitures de tôle. Un prix variant entre 91,50 \$ et 118,50 \$ le m<sup>2</sup> incluant l'installation est proposé par des professionnels du domaine (Classic Products Roofing Systems, 2017). Étant donné que la structure de la maison ERE 132 est dépourvue de formes architecturales complexes, le prix le plus bas de cette fourchette de prix est utilisé pour cette estimation. Selon les plans architecturaux de la maison ERE 132, la superficie du toit est de 81 m<sup>2</sup> par face, donc 162 m<sup>2</sup> au total pour les deux faces du toit. En utilisant le prix de 91,50 \$ le m<sup>2</sup>, la somme de 14 823 \$ est obtenue comme coût approximatif pour la toiture en bardeaux d'aluminium.

La maison ERE 132 comprend aussi un abri pour l'entrée principale du côté nord de la maison. Celui-ci est recouvert des mêmes bardeaux d'aluminium que la toiture de la maison et a une superficie de 8,81 m<sup>2</sup>, correspondant à un coût approximatif de 807 \$. Comme mentionné plus haut, ces prix incluent la main-d'œuvre liée à l'installation du recouvrement métallique. Donc, le coût total estimé pour le recouvrement en aluminium de la maison ERE 132 est de 15 630 \$.



## **Charpente de la maison**

Étant donné l'objectif d'abordabilité du projet, les options de préfabrication (fabrication à l'extérieur du site), telles la construction de murs extérieurs en panneaux ou la construction modulaire, sont d'excellentes options. Pour la maison ERE 132, ce sont les panneaux préfabriqués qui ont été préconisés. Ceux-ci sont tous construits de bois local. Les murs de la maison ont une isolation très performante et sont donc plus volumineux que la moyenne, requérant un surplus de matériel pour leur fabrication. En effet, les murs ont une charpente double, permettant un espace interne plus grand (J.-M. Drapeau, courriel, 6 novembre 2017).

Selon les factures des compagnies impliquées (Boisaco et Promoboïs GDS), les frais pour la charpente de la maison sont de 53 200 \$. De plus, une structure de bois sert de charpente à l'intérieur de la bâtisse afin de supporter le plancher du deuxième étage et d'ajouter une esthétique unique à la maison. Celle-ci est construite en épinette et a été fournie par Art Massif au coût de 6 790 \$. La charpente de la toiture comprend l'ensemble de la structure de bois nécessaire pour la toiture ainsi que les poutrelles servant de support pour le plancher du deuxième étage. Encore selon les factures obtenues (PBM Solutions Structures), les coûts de celle-ci s'élèvent à 7 320 \$ (en comptant la commandite de 2 000 \$ de la compagnie).

Le coût de ces matériaux est appliqué à la maison adaptée, car quoiqu'ayant quelques différences en termes de matériaux, la disposition et le volume de la maison ne varient pas. En effet, la même performance d'isolation du toit et des murs extérieurs est conservée pour la maison adaptée, nécessitant le même espace dans la charpente et donc le surplus de matériel de construction. Le coût total pour la charpente de la maison adaptée est donc de 67 310 \$. Ce coût inclut l'assemblage, car les murs et les éléments structuraux de la maison sont préfabriqués.

## **Parement extérieur**

Tel qu'observable dans la figure 3.1, les parements extérieurs de la maison ERE 132 sont composés de plusieurs matériaux. On y retrouve du bardeau de cèdre blanc, de l'ardoise de revêtement, de la tôle ainsi que du clin de pin. Cette diversité de matériaux s'explique par le rôle de vitrine d'ERE 132 et contribue à l'esthétique bien distincte de la maison.

Cela dit, pour la maison adaptée au marché de masse, seul le clin de pin peint est conservé comme parement. Celui-ci constitue déjà la majorité du recouvrement de la maison ERE 132. De plus, son adaptabilité en termes de couleur et de texture permet à ce matériau d'être applicable à une plus grande clientèle que d'autres recouvrements. En effet, le clin de pin se vend en différentes largeurs et peut être

peint ou teint selon les préférences (JL Ouellette Centre de pin, 2017). Pour la maison adaptée, le clin de pin de 25 mm par 152 mm (l'option la moins dispendieuse sur la maison ERE 132) a été préconisé. Ce matériel a été acheté au prix de 26,26 \$ par m<sup>2</sup> (Facture Groupe Lebel). Selon les plans, la maison a une superficie de murs extérieurs d'approximativement 198 m<sup>2</sup>, correspondant à un prix de 5 200 \$ excluant la main-d'œuvre.

Ajoutées au clin, des moulures sont nécessaires pour les coins de mur ainsi que les cadres des portes et fenêtres. Plusieurs formats de moulures à prix différents se retrouvent sur ERE 132. Dans l'optique d'estimer le coût des moulures pour l'entièreté de la maison, le prix de la moulure de 152 mm est utilisé, soit 7,05 \$ le m (S. Rangaya, conversation, 31 octobre 2017). Ce prix se situe entre celui de la moulure de 101 mm (4,76 \$/m) et celui de la moulure de 203 mm (9,35 \$/m) et représente une moyenne de coût jugé comme représentative (Facture Groupe Lebel ; S. Rangaya, conversation, 31 octobre 2017). Pour la maison entière, 219,1 m de moulures ont été achetés (facture Groupe Lebel). Cela dit, des moulures ont été nécessaires pour les endroits de changement de recouvrement entre le clin, le bardeau de cèdre blanc et l'ardoise, rendant un peu moins précise cette quantité pour la maison adaptée, mais cette quantité représente tout de même un bon ordre de grandeur, pour un prix total de 1 545 \$.

Donc, pour le recouvrement des murs extérieurs, les coûts approximatifs des matériaux s'élèvent à 6 745 \$. Il est important de noter que ce prix n'inclut pas la main-d'œuvre nécessaire à son installation. Comme mentionné plus haut, un coût de main-d'œuvre équivalente au coût des matériaux est utilisé pour l'estimation du prix de chaque élément. Donc, au coût des matériaux sont ajoutés 6 745 \$ de main-d'œuvre, ce qui donne un coût total de 13 490 \$ pour le parement extérieur de la maison adaptée.

### **Portes et fenêtres extérieures**

Les portes et fenêtres extérieures de la maison ERE 132 sont des modèles très performants en ce qui concerne l'étanchéité et l'isolation. Ceci est important, car ces éléments sont typiquement les points faibles d'un bâtiment en termes d'isolation thermique. Ils ne peuvent pas atteindre la même performance que l'enveloppe du bâtiment, qui possède une très épaisse couche de cellulose. Pour le projet ERE 132, les fenêtres sont plus performantes que les portes, car une porte en bois est typiquement moins performante qu'une porte en acier avec un isolant en matériaux synthétiques (Compilation LEED ERE 132). Par contre, les portes en bois ont été préconisées dans l'optique de prioriser l'utilisation du bois, d'éviter l'utilisation de matériaux synthétiques et de maintenir un environnement sain. Les portes et les fenêtres d'ERE 132 sont toutes munies de triples vitrages, avec des pellicules à faible émissivité et un gaz argon. Le coût pour ces éléments de la maison ERE 132 s'élève à 31 350 \$ (J.-M. Drapeau, courriel, 6 novembre 2017). (Compilation LEED ERE 132)

Pour la maison adaptée, cette approche de matériaux sains combinés à une haute efficacité énergétique a été conservée. Fenêtres Martin, fournisseur initialement impliqué dans le projet, a fourni une soumission pour l'entière des portes et des fenêtres du projet de la maison adaptée. Les portes et fenêtres de la soumission sont aussi performantes que celles de la maison ERE 132. De par sa conception actuelle, la maison comprend treize fenêtres et quatre portes extérieures. Celles-ci ont un cadre en aluminium à l'extérieur et en bois à l'intérieur. Dans l'optique d'adapter la maison à un consommateur privé, le nombre de portes extérieures est réduit à deux, et l'adaptation pour permettre l'accès aux personnes à mobilité réduite est éliminée. La porte de la façade nord est conservée comme entrée principale et la porte de la façade sud sert d'accès au jardin. Les portes de la façade ouest ainsi que celle du deuxième étage sont jugées comme non nécessaires pour le consommateur privé et sont éliminées de la facture. En effet, celle du deuxième étage a été incluse dans ERE 132 afin de respecter des exigences de sécurité rattachées au fait que la maison est un lieu public (sortie de secours).

La soumission de Fenêtres Martin s'élève à 29 009 \$ (B. Jean, courriel, 5 octobre 2017), mais la somme de 3 705 est déduite de ce prix pour la réduction du nombre de portes et l'élimination de l'adaptation spéciale des portes pour les personnes à mobilité réduite. Le coût final pour les portes et les fenêtres de la maison adaptée, excluant l'installation sur la maison, est de 25 304 \$. Un surplus associé à la main-d'œuvre n'est pas ajouté à ce prix, car elle est incluse dans la soumission de Fenêtres Martin.

#### 4.2.2 Revêtements des planchers

Cette section aborde les revêtements des planchers d'ERE 132 et de la maison adaptée, soit ceux du premier et du deuxième étage ainsi que celui de la salle de bain du deuxième étage. Le tableau 4.2 recense les prix de ces différents éléments.

**Tableau 4.2 Coûts des revêtements des planchers**

| Revêtements des planchers                      |               |
|--|---------------|
| Élément  | Prix (\$)     |
| Plancher du premier étage                      | 3 490         |
| Plancher du deuxième étage                     | 10 836        |
| Plancher de la salle de bain du deuxième étage | 890           |
| <b>Total</b>                                   | <b>15 216</b> |

### **Revêtement de la dalle de béton**

Étant donné que la maison ERE 132 est posée directement sur une dalle de béton autoportante, qui agit comme fondation, l'entièreté du plancher du premier étage consiste en la surface de la dalle avec des éléments esthétiques ajoutés. Pour faire la promotion des différentes techniques de maçonnerie et de finition de béton, une moitié de la dalle est estompée avec un scellant et l'autre moitié est polie, embellie avec du verre multicolore et vernie. Pour le polissage et le traitement de la dalle de béton, une compagnie spécialisée est nécessaire. Ce sont les Entreprises Michel Tremblay qui ont fourni leur expertise pour la maison ERE 132. Cependant, lorsque contactés, ces derniers n'ont pas été en mesure de fournir une estimation de prix pour ce projet.

Dans l'optique d'être plus économe et efficace, le plancher du premier étage de la maison adaptée est uniformisé avec l'option d'un béton poli et traité avec un durcissant et un scellant. Aucun élément esthétique de verre ou d'agréats n'est ajouté. Selon les sources consultées, le polissage du béton peut coûter entre 32,30 \$ par m<sup>2</sup> pour une esthétique de base et 129,10 \$ par m<sup>2</sup> pour les sites difficiles d'accès et les finis très détaillés (Béton Prestige, 2015; Home Advisor, 2017b). Pour un polissage et vernissage de base avec un fini simple monochrome de qualité, le prix se situe autour de 43 \$ par m<sup>2</sup> (Home Advisor, 2017b). C'est donc ce prix qui est utilisé pour estimer le coût pour la maison adaptée. Cependant, celui-ci est sujet à une forte variation selon les préférences individuelles et le budget de chaque projet. Pour la dalle de béton de 81,1 m<sup>2</sup> de la maison adaptée, le coût du polissage, de la teinture et du vernissage par une entreprise spécialisée est estimé à 3 490 \$ pour les besoins de la présente analyse.

### **Revêtement de plancher du deuxième étage**

Au deuxième étage, le plancher de la maison ERE 132 est fait de bois franc massif en érable, traité avec du vernis non toxique. Sous celui-ci se trouve un papier-feutre, du contreplaqué, des poutrelles de bois, puis du gypse composant le plafond du premier étage. Ce type de plancher est conservé pour la maison adaptée. Le plancher de bois franc provient du fournisseur Tremtech et coûte 64,59 \$ le m<sup>2</sup> (G. Michaud, courriel, 16 octobre 2017). À noter, le recouvrement dans la salle de bain est constitué de céramique et le recouvrement de la salle des machines, contenant l'échangeur d'air, le chauffe-eau, le panneau électrique et le contrôle de la plomberie, est en contreplaqué.

Le prix estimé pour un plancher de bois franc selon Soumission Rénovation, un site web sur le prix des constructions et des rénovations, est d'entre 32,30 \$ et 75,35 \$ le m<sup>2</sup> pour les matériaux. Le bois utilisé pour le recouvrement du deuxième étage de la maison ERE 132 est inclus dans cette fourchette de prix et est donc conservé pour la maison adaptée. À ce coût, il faut ajouter le prix d'installation variant entre 16,15 \$ et 75,35 \$ le m<sup>2</sup> (Soumission Rénovation, s. d.). Dans l'optique d'économiser et puisque le

plancher est installé de manière simple et sobre, le seuil inférieur du coût d'installation est utilisé pour la maison adaptée, soit 16,15 \$ par m<sup>2</sup>. Le recouvrement en érable du deuxième étage de la maison adaptée se vend donc 80,74 \$ par m<sup>2</sup> incluant l'installation. Pour une surface d'approximativement 55,4 m<sup>2</sup> (superficie excluant la salle de bain et la salle des machines) le coût est donc de 4 473 \$.

Aussi, la totalité du plancher de l'étage est posée sur une base de contreplaqué. Le contreplaqué est vendu à 11,65 \$ par m<sup>2</sup> (Rona, 2017a). Le prix pour ce matériel pour l'entièreté du deuxième étage, d'une superficie d'approximativement 81,1 m<sup>2</sup> est de 945 \$. Ce prix n'inclut pas la main-d'œuvre liée à l'installation.

Le total pour le matériel du recouvrement en contreplaqué et en plancher de bois franc du deuxième étage de la maison adaptée est de 5 418 \$. Étant donné que ce prix n'inclut pas tous les éléments et détails liés à l'installation du plancher, le montant de 5 418 \$ est ajouté pour la main-d'œuvre. Le coût total pour le recouvrement du plancher du deuxième étage est donc de 10 836 \$.

#### **Revêtement de la salle de bain du deuxième étage**

Le revêtement de la salle de bain du deuxième étage de la maison ERE 132 est en ardoise. Quoique conçues pour le recouvrement extérieur, ces tuiles d'ardoise peuvent être utilisées comme recouvrement de plancher intérieur, tel que présenté dans la figure 4.1. Celles-ci sont posées sur une membrane d'étanchéité par-dessus l'épaisseur de contreplaqué et la charpente du plancher de l'étage.



**Figure 4.1 Salle de bain du deuxième étage** (tiré d'ERE 132, 2017c)

Pour la maison adaptée, la céramique est privilégiée comme revêtement, car celui-ci est plus accessible que le revêtement en ardoise. Le coût de la céramique sélectionnée est de 12,80 \$ par m<sup>2</sup> (Lowe's, 2017a).

Le coût associé à la membrane d'étanchéité est de 265 \$ pour un rouleau de 10 m<sup>2</sup> (Reno Depot, 2017a). Le coût pour la colle à céramique est de 40 \$ pour 13 litres (Canac, 2016a). Donc, pour la salle de bain du deuxième étage de la maison adaptée, ayant une aire de 10,9 m<sup>2</sup>, le coût total des matériaux du revêtement en céramique est d'approximativement 445 \$. Ce prix n'inclut pas la main-d'œuvre, donc la somme de 445 \$ est ajoutée, résultant en un coût total de 890 \$.

#### 4.2.3 Fondation

La fondation de la maison ERE 132 est constituée d'une dalle de béton ternaire autoportante. Cette section aborde le coût d'une telle dalle et de ses différents éléments constitutifs. Le tableau 4.3 présente le coût estimé de la fondation de la maison ainsi que des travaux de préparation de sol nécessaires à la construction de la maison.

**Tableau 4.3 Coûts de la fondation**

| <b>Fondation</b>                     |                  |
|--------------------------------------|------------------|
| <b>Élément</b>                       | <b>Prix (\$)</b> |
| Excavation et préparation du terrain | 12 500           |
| Fondation en dalle de béton ternaire | 6 107            |
| <b>Total</b>                         | <b>18 607</b>    |

La dalle de béton de la maison ERE 132 agit comme masse thermique pour un apport de chaleur provenant de l'énergie solaire passive. Ce moyen de chauffage est central au concept de la maison ERE 132 et participe à réduire les coûts associés au chauffage (P. Etcheverry, conversation, 12 septembre 2017). La dalle est donc conçue afin d'être assez épaisse et d'être composée de matériaux ayant une inertie thermique propice à l'absorption et au relâchement de la chaleur. En effet, le béton est doté d'une bonne capacité à absorber le rayonnement solaire puis à bien retenir la chaleur, ce qui en fait un bon choix pour les projets solaires passifs (Kernaleguen, Cosgrove, Walter et Boyer, s. d.).

La dalle de béton de la maison ERE 132 est faite à partir de béton ternaire (béton à contenu recyclé), qui permet de mitiger le fort impact environnemental du béton par la réutilisation de matériaux qui seraient envoyés à l'enfouissement. En effet, ce béton contient de la cendre, réduisant le besoin d'autres matériaux non recyclés (Compilation LEED ERE 132). En effet, pour une tonne de ciment produite (composante représentant 10 % à 20 % du mélange du béton), une tonne de GES est émise dans l'atmosphère (Écohabitation, 2012a). Donc, réduire au maximum le volume de ciment utilisé dans le projet de construction permet de minimiser la quantité de GES associés à la construction de la maison. En ce sens,

substituer un sous-sol pour une dalle de béton autoportante permet d'éliminer jusqu'à 3,9 tonnes de GES (Paradis Bolduc, 2009). Étant donné qu'ERE utilise une dalle en plus d'intégrer des matériaux recyclés, ce nombre est potentiellement encore plus important.

La dalle de béton autoportante est posée directement sur le sol, ce qui est une opportunité d'économie monétaire importante pour un projet d'écoconstruction de par la réduction de matériaux nécessaires et par l'élimination des coûts associés à la main-d'œuvre pour l'excavation et la construction d'un sous-sol. De plus, les altérations de la structure sur le terrain et l'environnement sont réduites, ce qui permet des économies sur l'aménagement paysager à la suite du processus de construction (P. Etcheverry, conversation, 12 septembre 2017). Cela dit, les dalles autoportantes ne sont propices que pour les terrains plats ou à très faible pente. Un terrain plus accidenté ou pentu requiert d'importants travaux d'excavation qui rendent plus coûteuse et donc moins avantageuse économiquement l'option de la dalle. Ceci est dû au fait que le sous-sol peut être en partie découvert, créant un étage rez-de-jardin (Paradis Bolduc, 2009). Les terrains accidentés engendrent aussi des difficultés pour les maisons ayant un sous-sol, car ils nécessitent une excavation extensive du sol et du terrain entier (P. Etcheverry, conversation, 1 décembre 2017). Dans certains cas de pentes extrêmes, la topographie fait en sorte que la méthode de construction sur dalle n'est simplement pas envisageable (R. Gauthier-Ouellet, conversation, 11 octobre 2017). L'avantage économique d'une dalle de béton varie donc en fonction de la topographie du site de construction. Comme expliqué par Robin Gauthier-Ouellet, propriétaire d'Écohabitations Nordiques, une pente, même faible, rend très complexe voir impossible la construction d'une dalle autoportante (R. Gauthier-Ouellet, conversation, 11 octobre 2017). De plus, si le roc n'est pas proche de la surface du sol et de la dalle ou s'il est trop près, d'importants travaux de préparation du sol sont nécessaires (Paradis Bolduc, 2009). Par contre, ceci est aussi vrai pour des constructions plus traditionnelles avec un sous-sol (P. Etcheverry, conversation, 1 décembre 2017). Comme de fait, M. Gauthier-Ouellet, fabricant d'écohabitations dans la région des Laurentides, précise que cette région est caractérisée par ses terrains pentus, rendant presque systématiquement peu pratique et peu économique le choix d'une dalle (R. Gauthier-Ouellet, conversation, 11 octobre 2017). Ceci souligne le rôle important que les caractéristiques d'une région jouent dans la détermination du modèle d'habitation pertinent à sa réalité.

Dans l'optique d'un modèle de maison adaptable à plusieurs situations et topographies, cette importante contrainte est à considérer. La maison ERE 132 est localisée sur un terrain qui est propice à la construction d'une dalle autoportante. Les quatre coins de la maison sont exactement au même niveau géodésique, puisque la surface était plane pour la construction de la dalle. De plus, une pente descendante d'approximativement 2 % entoure le site de construction. Celui-ci est donc surélevé et bénéficie d'un drainage naturel évacuant l'eau (Plans ERE 132). Ceci dit, des travaux d'excavation ont été nécessaires à

cause du type de sol non standard du site et pour raccorder la maison à l'aqueduc et à l'égout des Jardins de Métis : ces travaux ont engendré des coûts de 45 000 \$ (J.-M. Drapeau, courriel, 6 novembre 2017). En ce qui concerne la maison adaptée, le coût pour l'excavation est basé sur le coût identifié dans le plan de visibilité de Kamco. Celui-ci est de 12 500 \$ (J.-M. Drapeau, courriel 6 novembre 2017). Ce prix est relativement standard dans le processus de construction d'une maison. Il inclut le travail nécessaire à rendre habitable une terre, le travail des ingénieurs sur le sol pour déterminer la localisation de la structure et des autres éléments ainsi que l'excavation pour préparer le sol à la construction de la maison (24hPlans, 2016). La main-d'œuvre est comprise dans ce prix, car ce type de travail requiert principalement de la main-d'œuvre et non des matériaux ou des produits consommables.

Typiquement, une dalle de béton de ce type nécessite une semelle de gravier de quatre pieds (pi), ou 1,2 m de profondeur, accompagnée d'un drain. Ensuite, une couche de sable ou de concassé est ajoutée directement sous l'isolant en polystyrène rigide et la dalle de béton (Paradis Bolduc, 2009). Plus spécifiquement, la dalle de béton de la maison ERE 132 est composée de béton ternaire et d'agréats. Elle est posée sur une couche de pare-vapeur qui est superposée de deux couches de polystyrène expansé de haute densité de 64 mm d'épaisseur chacune. Les deux épaisseurs de polystyrène à haute densité ont un coefficient R de 10,2 chacune et la structure de la dalle de béton en son entier a un coefficient R de 21,0 (Plans ERE 132). Comme présenté dans le tableau 5.5, cette performance accorde à la maison ERE 132 un coefficient R 32 % supérieur à celui du code québécois et de la norme Novoclimat 2.0. Le coût de cette dalle est de 17 800 \$, incluant l'installation du système de plancher radiant et la diversité des finitions (J.-M. Drapeau, courriel, 6 novembre 2017).

Cette approche de construction de dalle est retenue pour la maison adaptée, mais avec le système de plancher radiant en moins (expliqué dans la section 4.2.6). Comme mentionné dans la section sur le recouvrement de plancher, le fini de la dalle est uniformisé afin de simplifier le processus et de réduire le coût relié à la main-d'œuvre. Le prix de la dalle peut fluctuer de manière importante selon plusieurs facteurs comme la saison dans laquelle s'effectuent les travaux et le choix de la compagnie (Remodeling Expense, 2017). Il est estimé qu'une dalle de béton de 10,2 cm d'épaisseur, comme celle d'ERE 132, coûte 48 \$ par m<sup>2</sup> (Everything About Concrete, 2016). À ce prix, il est nécessaire d'ajouter celui de la membrane pare-vapeur de 5,40 \$ le m<sup>2</sup> et celui des assises plus profondes supportant les murs, au prix de 22 \$ le m<sup>2</sup> (Everything About Concrete, 2016). Tout ceci correspond à un prix approximatif de 75,40 \$ le m<sup>2</sup>. La superficie de la maison est de 81 m<sup>2</sup>, donc le prix estimé pour la dalle de la maison adaptée est de 6 107 \$. Ce prix n'inclut pas les éléments d'isolation telles les deux épaisseurs de polystyrène sous la dalle est le polystyrène entourant l'extérieur de la dalle. Le coût de ceux-ci est inclus dans le prix de l'isolation de la structure (voir tableau 4.6).



Les coûts associés à la préparation du terrain, l'excavation ainsi que la construction de la dalle sont donc de 18 607 \$. Ce coût approximatif a été confirmé comme représentatif d'une dalle de cette nature par un entrepreneur local du domaine de la construction bien expérimenté en dalles et en fondations (S. Rangaya, conversation, 31 octobre 2017).

#### 4.2.4 Murs intérieurs

Cette section évalue les coûts des murs intérieurs de la maison adaptée, incluant les cloisons intérieures, leur structure et leur recouvrement, le recouvrement de l'intérieur des murs extérieurs de la maison, les moulures et les portes intérieures ainsi que le revêtement et la peinture de tous ces éléments. Les coûts estimés se retrouvent dans le tableau 4.4 ci-dessous.

**Tableau 4.4 Coûts des murs intérieurs**

| <b>Murs intérieurs</b>                    |                  |
|---|------------------|
| <b>Élément</b>                            | <b>Prix (\$)</b> |
| Cloisons intérieures                      | 10 964           |
| Intérieur des murs extérieurs et plafonds | 2 940            |
| Revêtement intérieur et peinture          | 13 486           |
| Moulures, portes et cadres intérieurs     | 6 002            |
| Escaliers                                 | 2 533            |
| <b>Total</b>                              | <b>36 378</b>    |

#### Cloisons intérieures

Comme mentionné plus haut, la disposition intérieure de la maison ERE 132 est adaptée aux besoins de son rôle de vitrine, mais la même disposition est envisageable pour une famille de quatre. Le cloisonnement intérieur a été fait directement sur le chantier. Le premier étage est donc composé de l'aire d'entrée faisant 11 m<sup>2</sup>, de la salle de bain avec 7,8 m<sup>2</sup>, de la chambre du premier étage de 12,4 m<sup>2</sup> et de l'aire de salon, salle à manger et cuisine de 42,8 m<sup>2</sup>. Le deuxième étage comporte une salle de bain de 10,9 m<sup>2</sup>, deux chambres de 13,2 m<sup>2</sup> et de 12,4 m<sup>2</sup> et une aire ouverte de 27,3 m<sup>2</sup>. Une cage d'escalier en deux paliers relie les deux étages. (Plans ERE 132)

Étant donné son rôle de vitrine, la maison incorpore une très grande variété de formats de murs intérieurs. En effet, la maison possède huit modèles différents de cloisonnement intégrant des recouvrements en

gypse, en céramique et en divers lambris de tremble. De plus, certains murs incorporent une laine insonorisante de 89 mm, tandis que d'autres ne l'incluent pas.

Pour la maison adaptée, un cloisonnement moins diversifié est préconisé. Pour ce faire, la cloison intérieure typique de la maison adaptée est construite avec un colombage de bois en 2×4, donc au format exact de 38×89 mm. Le coût total du bois nécessaire pour ce cloisonnement est de 3 708 \$, tel qu'identifié dans la facture du fournisseur Promoboïs GDS pour le projet de la maison ERE 132. Comme pour la charpente de la maison, le bois est obtenu de sources locales et les pertes sont gardées sous le seuil de 10 %.

Une laine insonorisante est appliquée à toutes les séparations de la maison dans l'optique d'une réduction de bruit et d'une augmentation de la qualité de vie des résidents. Le prix de cette laine est de 9,13 par m<sup>2</sup> (Rona, 2017e). Finalement, le gypse de 16 mm est sélectionné comme parement du cloisonnement de la maison adaptée. Ce choix est fait par souci de simplicité, d'économie et d'uniformité. En ce qui concerne le recouvrement du gypse pour les murs intérieurs, la quantité utilisée est doublée, car il y a une couche de gypse de 16 mm de chaque côté. Le prix du gypse est de 2,95 \$ par m<sup>2</sup> (Canac, 2016b).

Le premier étage de la maison ERE 132, selon sa disposition actuelle, comprend approximativement 56,8 m<sup>2</sup> de cloisonnement intérieur. Cette superficie provient de la longueur des séparations intérieures tirées des plans de la maison multipliée par la hauteur du premier étage qui est de 2,70 m. À ce sous-total est soustrait l'aire des portes et dans le cas du premier étage, il y a trois portes ayant une aire de 1,55 m<sup>2</sup> chacune. Donc, en considérant le coût de deux épaisseurs de gypse par m<sup>2</sup> de cloisonnement ainsi que le coût de la laine insonorisante, un coût approximatif de 15 \$ par m<sup>2</sup> est obtenu. Le prix du matériel de cloisonnement pour le premier étage est donc de 854 \$. Le deuxième étage de la maison comprend une aire de cloisonnement total de 61,2 m<sup>2</sup>. Cette superficie prend en compte la hauteur de 2,49 m de l'étage et ses quatre portes. Selon le même calcul, le prix des matériaux pour cet étage est estimé à 920 \$.

Le prix total pour le matériel de cloisonnement, selon la disposition actuelle de la maison, est de 5 482 \$. Ce prix n'inclut aucune main-d'œuvre, donc un coût de 5 482 \$ est ajouté, résultant en un total de 10 964 \$ pour la maison adaptée.

### **Intérieur des murs extérieurs et plafonds**

Les murs extérieurs d'ERE 132 sont recouverts de gypse du côté intérieur. Ce choix est conservé pour la maison adaptée. Selon les plans, les murs extérieurs, excluant l'aire occupée par les fenêtres, ont une superficie d'approximativement 168 m<sup>2</sup>. Le prix du gypse est de 2,95 \$ par m<sup>2</sup>, tel qu'identifié dans la

section des cloisons intérieures (Canac, 2016b). Le coût pour le revêtement en gypse pour l'intérieur des murs extérieurs est donc de 496 \$.

Les plafonds des deux étages sont aussi recouverts en gypse. L'aire de ces derniers est d'approximativement 81 m<sup>2</sup> chacun. La superficie totale des deux plafonds est donc de 162 m<sup>2</sup>. Avec le même gypse qu'utilisé pour les cloisons, le prix total pour le recouvrement des plafonds est de 974 \$ (Canac, 2016b). Le coût pour le parement en gypse de l'intérieur des murs extérieurs ainsi que des plafonds est donc d'approximativement 1 470 \$. Ce prix exclut la main-d'œuvre, donc la somme de 1 470 \$ est ajoutée pour un total de 2 940 \$.

### **Revêtement intérieur et peinture**

En ce qui concerne la peinture, l'intérieur des murs extérieurs, le cloisonnement et les plafonds des deux étages sont peints. Pour la maison ERE 132, de la peinture recyclée ainsi que de la peinture non recyclée ont été utilisées. Selon les compagnies de peinture consultées, les prix pour peindre un plafond ou des murs diffèrent (Young, 2014; Young, 2016). De plus, le prix des peintures pour une nouvelle propriété est plus élevé que celui pour une propriété existante, car une plus grande préparation est nécessaire, ce qui implique plus de main-d'œuvre et de matériel (Young, 2016). Le prix pour la peinture des murs intérieurs d'une propriété neuve par des professionnels est de 32,30 \$ à 64,60 \$ par m<sup>2</sup> (24hPlans, 2016; Young, 2014). Le prix pour la peinture des plafonds se situe entre 2,70 \$ et 5,40 \$ par m<sup>2</sup>. Ce prix est nettement plus bas que pour la peinture des murs, car les plafonds sont beaucoup plus simples à peindre et que les moulures et autres éléments esthétiques peints sont inclus dans le coût pour les murs (Young, 2014). Étant donné la simplicité des formes et de la disposition de la maison ERE 132, les valeurs inférieures de la fourchette de prix sont utilisées, mais les choix et préférences individuelles tels le type, la qualité de la peinture et le fini souhaité influencent le prix. La main-d'œuvre est incluse, car l'application de la peinture et la préparation des surfaces se font souvent par des spécialistes en la matière (Young, 2016).

Pour ce qui est du cloisonnement de la maison, l'aire à peindre est doublée, car la peinture est appliquée des deux côtés de celui-ci. La surface à peindre pour le premier étage est de 113,6 m<sup>2</sup> et celle du deuxième étage est de 122,4 m<sup>2</sup>. L'intérieur des murs extérieurs compte pour 168 m<sup>2</sup>. Donc, les murs de la maison ERE 132 ont une superficie totale de 404 m<sup>2</sup> engendrant des coûts associés à la préparation et à la peinture par un professionnel de 13 049 \$. Comme mentionné précédemment, les plafonds de la maison ont une aire totale approximative de 162 m<sup>2</sup> ce qui correspond à un coût de 437 \$. Le total pour la peinture de la maison adaptée incluant la main-d'œuvre est donc de 13 486 \$.

## **Moulures, portes et cadres intérieurs**

La maison ERE 132 contient des moulures en tremble sur toute la périphérie des planchers des deux étages ainsi qu'autour de ses multiples portes et fenêtres. Selon le fournisseur Tremtech, entreprise initialement impliquée dans le projet, les contours de fenêtres ainsi que les moulures en tremble blanc coûtent 6,56 \$ par m linéaire (G. Michaud, courriel, 16 octobre 2017). Étant donné que la maison adaptée possède la même disposition que la maison ERE 132, les mesures de cette dernière sont conservées et utilisées pour l'estimation du coût.

Selon les plans, le premier étage comprend 22,76 m de cloisonnement. Étant donné que les deux côtés de ces murs sont revêtus de gypse et peints, il est nécessaire de doubler ce chiffre pour obtenir la quantité de moulures de bas de mur utilisée. Ce sont donc 45,54 m de moulures qui sont nécessaires, correspondant à un coût de 299 \$. À ceci, 37,40 m de bordure intérieure des murs extérieurs doivent être ajoutés, correspondant à un coût de 245,31 \$. Le deuxième étage nécessite 54,14 m de moulures pour son cloisonnement au coût de 355,16 \$. La même quantité de moulures qu'au premier étage pour l'intérieur des murs extérieurs est nécessaire avec un coût de 245,31 \$. Le prix total pour les moulures du bas des murs pour la maison adaptée est donc de 1 145 \$.

En ce qui concerne les portes intérieures du bâtiment, la maison ERE 132 possède un total de neuf portes de différentes provenances. Trois d'entre elles sont recyclées et proviennent des Jardins de Métis. Les six autres proviennent de Portes Millet et sont en pin clair. Pour ce qui est de la maison adaptée, des portes en pin naturel sont sélectionnées au coût de 113 \$ chacune (Rona, 2017a). Les poignées pour chacune d'elles coûtent 15 \$ l'unité (Rona, 2017b). Le coût pour les neuf portes et leurs poignées pour la maison adaptée est donc de 1 152 \$.

Finalement, les cadres pour les fenêtres et les portes de la maison ERE 132 sont en tremble et sont fournis par Tremtech. Ces contours coûtent 6,56 \$ par m (G. Michaud, courriel, 16 octobre 2017). Les portes nécessitent un contour en tremble sur trois de leurs côtés, signifiant que pour les neuf portes, 43,43 m de cadre en tremble sont nécessaires. Le coût de ces contours de portes est de 284,93 \$. Selon les plans, les fenêtres ont un périmètre total de 64,01 m. Ceci signifie que cette quantité de cadres en tremble est nécessaire au coût de 418,91 \$. Le total pour les cadres des portes et fenêtres est donc d'approximativement 704 \$.

Le montant final pour les matériaux des moulures de bas de mur, des portes intérieures et des cadres intérieurs de la maison adaptée est d'approximativement 3 001 \$. Ce prix n'inclut pas la main-d'œuvre associée à cet élément, donc la somme de 3 001 \$ est ajoutée pour un total de 6 002 \$.

## Escaliers

Les escaliers de la maison ERE 132 reliant le premier étage au deuxième sont en érable. Ce modèle est conservé pour la maison adaptée. L'érable utilisé pour les escaliers est fourni par Tremtech et coûte 140 \$ par m<sup>2</sup> (G. Michaud, courriel, 16 octobre 2017). L'escalier est composé de 13 marches et d'un palier intermédiaire. Les marches ont des dimensions de 0,900 m de largeur par 0,305 m de profondeur et les contremarches ont une dimension de 0,900 m de largeur et de 0,170 m de hauteur. L'érable massif, fourni par Tremtech, est utilisé pour ces deux éléments constitutifs de l'escalier. La surface totale d'érable utilisée pour les escaliers est donc de 6,02 m<sup>2</sup>, correspondant à un coût de 843 \$. À ce coût, il est nécessaire d'ajouter celui du plancher de bois franc du palier intermédiaire, qui a une superficie de 1,88 m<sup>2</sup>. Le coût du plancher de bois franc pour cet espace est le même que le recouvrement du plancher du deuxième étage, soit 80,74 \$ par m<sup>2</sup>, résultant en la somme de 152 \$.

Le coût des matériaux pour les escaliers s'élève donc à 995 \$. Par contre, le coût de ces matériaux de base doit être augmenté de 50 % pour les matériaux de finition, les multiples détails impliqués dans une cage d'escalier ainsi que les imprévus (S. Rangaya, conversation, 31 octobre 2017). Donc, l'estimation du coût des matériaux pour les escaliers de la maison adaptée est de 1 493 \$. De plus, des éléments comme ceux-ci nécessitent beaucoup de main-d'œuvre étant donné la grande quantité de finition et de détails. Une conversation avec un entrepreneur œuvrant sur les constructions sur mesure estime que ces escaliers nécessitent 16 heures de travail à 65 \$ de l'heure, correspondant à des frais de 1 040 \$ (S. Rangaya, conversation, 31 octobre 2017). Le coût final pour les escaliers de la maison est donc de 2 533 \$.

### 4.2.5 Isolation

La maison ERE 132 est munie d'une isolation particulièrement performante. Comme le démontre le tableau 4.5, tiré de la documentation pour la certification LEED du projet (Compilation LEED ERE 132), toutes les composantes atteignent une performance au-delà du code de la construction et de la norme Novoclimat 2.0.

**Tableau 4.5 Performance de l'isolation des composantes de la maison ERE 132** (tiré de Compilation LEED ERE 132)

| Composantes | Code<br>R<br>(RSI) | Novoclimat 2.0<br>R<br>(RSI) | ERE132<br>R<br>(RSI) | Plus que<br>le Code |
|-------------|--------------------|------------------------------|----------------------|---------------------|
| Toiture     | 41<br>(7,2)        | 62<br>(10,9)                 | 82,6<br>(14,6)       | 101 %               |

**Tableau 4.5 Performance de l'isolation des composantes de la maison ERE 132 (suite)**

|               |               |               |               |      |
|---------------|---------------|---------------|---------------|------|
| Mur hors sol  | 24,5<br>(4,3) | 29,5<br>(5,2) | 48,5<br>(8,5) | 98 % |
| Mur fondation | 17<br>(3,0)   | 21,0<br>(3,7) | 22,3<br>(3,9) | 31 % |
| Dalle         | 16,1<br>(2,8) | 16,1<br>(2,8) | 21,2<br>(3,7) | 32 % |

L'isolation de la maison se résume à trois catégories principales : l'isolation des murs extérieurs, l'isolation de la toiture ainsi que l'isolation de la dalle et de la fondation. Les prix de ces catégories sont recensés dans le tableau 4.6.

**Tableau 4.6 Coûts de l'isolation**

| <b>Isolation</b>              |                  |
|-------------------------------|------------------|
| <b>Élément</b>                | <b>Prix (\$)</b> |
| Isolation des murs extérieurs | 2 201            |
| Isolation de la toiture       | 3 452            |
| Autres coûts                  | 11 947           |
| <b>Total</b>                  | <b>17 600</b>    |

La performance de l'isolation est un des éléments centraux du concept de la maison ERE 132. Selon les calculs de Kamco Construction, l'isolation de cette maison coûte 17 600 \$, alors qu'une isolation plus conventionnelle coûterait environ 6 000 \$ (J.-M. Drapeau, courriel, 6 novembre 2017). Ce prix comprend l'isolation de la toiture, des murs extérieurs et de la dalle de béton. La performance accrue de la maison engendre donc un surcoût de 11 600 \$ par rapport à une maison conventionnelle. Ceci augmente la gamme de qualité de la structure et diminue sa consommation énergétique tout au long de sa durée de vie. Étant donné l'importance de l'isolation dans ce concept de construction, la maison adaptée conserve l'isolation de la maison ERE 132 et donc les coûts qui y sont associés. Les coûts des différents éléments reliés à l'isolation de la maison sont aussi estimés dans leurs sections respectives, mais la somme totale de 17 600 \$ est conservée comme prix final pour la maison adaptée. La différence de prix est expliquée par tout le matériel accessoire nécessaire à la mise en place de l'isolation ainsi que par l'isolation de la dalle de béton (J.-M. Drapeau, courriel 6 novembre 2017), mais la performance de l'enveloppe du bâtiment en est considérablement accrue.

## Isolation des murs extérieurs

Les murs extérieurs de la maison ERE 132 comportent plusieurs couches. Comme discuté précédemment, le revêtement en clin de pin agit comme couche extérieure. Ensuite, un pare-air est suivi d'un carton-fibre enduit de 13 mm, puis de l'isolant (285 mm de cellulose injectée), suivi d'un pare-vapeur et du gypse agissant comme parement intérieur (Plans ERE 132). Tout ceci correspond à un coefficient R de 47,7. Comme le démontre le tableau 4.5, ceci correspond à un surplus de 98 % par rapport aux constructions conventionnelles et confère à la maison une isolation de très haut de gamme. Cette performance est atteinte, pour les murs hors sol ainsi que pour la toiture, à l'aide d'une isolation de cellulose. La cellulose est un isolant à impact environnemental réduit, du fait qu'elle est majoritairement composée de papier journal recyclé, libre de produits chimiques, biodégradable et qu'elle ne contient pas de composés organiques volatils (COV) (Igloo Cellulose, 2017). En plus de fournir une performance d'isolation thermique et sonore élevée, la cellulose est une option abordable et compétitive par rapport aux autres options d'isolation.

Selon les plans, la maison ERE 132 ainsi que la maison adaptée ont une superficie de murs extérieurs isolés d'approximativement 198 m<sup>2</sup>. La maison adaptée est isolée de la même manière et avec la même performance que la maison ERE 132. La cellulose est le moyen d'isolation préconisé par ce projet et est accessible au consommateur chez une multitude de marchands. Ce produit est disponible à un prix de 12,99 \$ par sac de cellulose (Lowe's, 2017b).

Selon la fiche technique du produit d'Igloo Cellulose, l'isolant couvre une superficie de 1,77 m<sup>2</sup> pour un coefficient R de 39,7 (Igloo Cellulose, 2017). La couche de cellulose de la maison ERE 132 compte pour un coefficient R de 42,0. Cette approximation est utilisée pour estimer la quantité totale de cellulose nécessaire pour l'isolation d'ERE 132. Ceci dit, ces valeurs sont pour une surface horizontale et non pour un mur vertical, qui nécessite une densité de matériel un peu plus élevée, mais elles seront tout de même conservées afin d'approximer le prix des matériaux de ce projet. Selon ces données, 112 sacs de cellulose sont nécessaires pour l'isolation de la maison, pour un total de 1 455 \$.

À ce prix, il est nécessaire d'ajouter celui du carton-fibre qui complète l'isolation du mur extérieur. Le carton-fibre est un substitut aux styromousses et il inclut une membrane de pare-vapeur sous la forme d'un enduit sur l'un des côtés du panneau. Selon Sébastien Beaulieu, un contact chez MLS Fibre, la compagnie ayant fourni en carton-fibre ERE 132, un mur plus volumineux nécessite un carton-fibre d'une épaisseur de 127 mm, vendu au prix de 3,77 \$ par m<sup>2</sup> (S. Beaulieu, courriel, 27 septembre 2017). Ce produit ajoute, pour la totalité des murs extérieurs isolés, une somme de 746 \$ excluant les coûts liés à l'installation. La portion du coût total d'isolation liée aux matériaux des murs extérieurs est de 2 201 \$.

## **Isolation de la toiture**

La toiture de la maison ERE 132 est aussi très performante et a une performance encore plus accrue que celle des murs, comme présentés dans le tableau 4.5. L'entièreté de la toiture de la maison atteint un coefficient R de 82,9, grâce à la grande quantité de cellulose isolante présente dans celle-ci. Comme présenté dans le tableau 4.5, cette performance correspond à 101 % de plus que ce qui est demandé pour les maisons conventionnelles. La toiture est recouverte de bardeaux d'aluminium, couvrant une membrane d'étanchéité puis du contreplaqué. Ensuite, dans le comble de la toiture, une couche de 610 mm de cellulose est appliquée (coefficient R de 75,5). L'isolation est contenue par un carton fibre de 13 mm d'épaisseur. Un pare-vapeur et le gypse du recouvrement intérieur ferment le plafond. (Plans ERE 132)

Selon la fiche technique d'Igloo Cellulose, l'isolation de 610 mm d'épaisseur correspond approximativement à 0,88 sac de cellulose par m<sup>2</sup> de recouvrement (Igloo Cellulose, 2017). La surface isolée à l'aide de cellulose est directement au-dessus du plafond du deuxième étage et a une superficie de 81,1 m<sup>2</sup>. Donc, pour l'isolation du comble, un total de 92,2 sacs de cellulose (à 12,99 \$ l'unité) (Lowe's, 2017b) est nécessaire, ce qui correspond à un prix de 1 198 \$.

Pour l'isolation de la toiture, il faut ajouter le prix du pare-vapeur qui est de 0,74 \$ par m<sup>2</sup> (Rona, 2017c) ainsi que celui du carton fibre de 1,27 cm d'épaisseur à 3,77 \$ par m<sup>2</sup> (S. Beaulieu, courriel, 27 septembre 2017). Ces éléments se retrouvent sous la fibre de cellulose et occupent donc l'aire horizontale du comble et non celle du toit en angle (au-dessus de plafond du deuxième étage). La maison a une superficie d'approximativement 81,1 m<sup>2</sup>, ce qui correspond à un prix pour ces éléments de 366 \$. Le contreplaqué, vendu 11,65 \$ par m<sup>2</sup> (Rona, 2017a), se retrouve sous la section pentue du toit de la maison. Chaque face du toit possède une superficie de 81,05 m<sup>2</sup>, le toit en entier a donc une superficie de 162,10 m<sup>2</sup>. Le prix pour le contreplaqué recouvrant cette superficie est de 1 888 \$. Le contreplaqué, le pare-vapeur ainsi que la fibre de bois ajoutent 2 254 \$ au prix de l'isolation du toit. Le coût pour les matériaux liés à l'isolation du toit de la maison adaptée est donc de 3 452 \$.

## **Isolation de la fondation**

Comme mentionné précédemment, la fondation de la maison ERE 132 est formée d'une dalle de béton ternaire autoportante. Les deux épaisseurs de polystyrène à haute densité qui sont utilisées pour l'isoler ont une cote RSI de 1,8 chacune et la dalle de béton en son entier a un coefficient R de 21,0 (Plans ERE 132). Tel que vu dans le tableau 4.5, cette performance accorde à la maison ERE 132 un coefficient R 32 % supérieur à celui du Code québécois et de la norme Novoclimat 2.0. Le coût associé à l'isolation de la dalle de béton et de la fondation est inclus dans le coût total pour l'isolation de la maison ERE 132, sans que soit spécifié le montant associé à cet élément.



#### 4.2.6 Énergie

Cette section regroupe les différents éléments, systèmes et composantes en lien avec la consommation d'énergie de la maison ERE 132 et de la maison adaptée. Sont donc ici abordés le système de chauffage électrique, le chauffage de l'eau, la ventilation, l'éclairage ainsi que le circuit électrique de la maison. Le tableau 4.7 présente les coûts estimés pour chaque élément de cette section.

**Tableau 4.7 Coûts de l'énergie**

| Énergie            |               |
|--------------------|---------------|
| Élément            | Prix (\$)     |
| Chauffage          | 2 628         |
| Chauffage de l'eau | 667           |
| Ventilation        | 4 112         |
| Éclairage          | 2 342         |
| Circuit électrique | 5 000         |
| <b>Total</b>       | <b>14 749</b> |

##### Chauffage

La maison ERE 132 est munie d'un système de chauffage de plancher radiant hydronique intégré dans la dalle de béton qui lui sert de fondation et de plancher au premier étage. En complément à ce système, la maison est équipée de plinthes électriques radiantes qui permettent de chauffer les objets par rayonnement au lieu de seulement chauffer l'air ambiant. Puisque ce système est jumelé avec des thermostats électroniques dans chaque pièce, un chauffage supérieur est atteint avec une consommation d'énergie moindre. Les plinthes électriques de la maison ERE 132 sont fournies par la compagnie Ouellet Canada. Ce même fournisseur est conservé pour la maison adaptée.

Pour la maison adaptée, le système de plancher radiant est éliminé. Il est estimé par les concepteurs du projet ERE 132 que l'apport en énergie solaire passif couplé au chauffage avec les plinthes électriques suffit pour chauffer la maison (P. Etcheverry, conversation, 12 septembre 2017). Ceci est dû au fait que la maison bénéficie d'une isolation très performante, réduisant les pertes énergétiques. Les coûts associés au plancher chauffant sont donc économisés pour la maison adaptée. Par contre, il est difficile d'estimer cette économie étant donné que le coût du plancher chauffant de la maison ERE 132 n'est pas connu. Donc, mis à part les dépenses pour les fenêtres plus performantes qui contribuent à un chauffage solaire passif, les

coûts associés au chauffage de la maison adaptée se résument aux plinthes radiantes et à leurs thermostats électroniques.

Selon des compagnies de plinthes électriques, les besoins énergétiques d'une pièce dans une maison standard sont de 107,6 watts par m<sup>2</sup> (W/m<sup>2</sup>) (Stelpro, s. d.). Étant donné que la maison ERE a une enveloppe 61 % plus performante que la moyenne (Compilation LEED ERE 132), la puissance des plinthes installées dans la maison adaptée est 61 % plus basse que ce seuil de l'industrie de 107,6 W/m<sup>2</sup>. En ce sens, une puissance de chauffage d'approximativement 43 W/m<sup>2</sup> est utilisée pour déterminer quels modèles de plinthes sont inclus dans la maison adaptée. Cette puissance est même généreuse pour la maison ERE 132 puisque, en plus de son enveloppe performante, la maison bénéficie de chauffage solaire passif.

Donc, les besoins énergétiques sont calculés pour chaque pièce en multipliant leur aire en m<sup>2</sup> par 43 watts. Avec cette valeur en watts présentée dans la colonne « besoins » dans les tableaux ci-dessous, une sélection des modèles de plinthes radiantes peut être faite. Pour chaque chambre, un thermostat bimétallique unipolaire ORC-TB6 au prix de 65 \$ l'unité est ajouté (Ouellet Chauffage Électrique, 2017). Pour le premier étage, les modèles de plinthes et leur prix sont présentés dans le tableau 4.8 ci-dessous.

**Tableau 4.8 Plinthes électriques radiantes du premier étage et leur prix**

| Chambre                      | Besoins (W) | Modèles              | Prix (\$)    |
|------------------------------|-------------|----------------------|--------------|
| Cuisine/salle à manger/salon | 1 840       | 2 X ORC902 + ORC-TB6 | 564 + 65     |
| Chambre                      | 534         | ORC452 + ORC-TB6     | 163 + 65     |
| Salle de bain                | 336         | ORC452 + ORC-TB6     | 163 + 65     |
| Vestibule                    | 474         | ORC452 + ORC-TB6     | 163 + 65     |
| <b>Total</b>                 |             |                      | <b>1 476</b> |

Les modèles et les prix pour le deuxième étage sont présentés dans le tableau 4.9 ci-dessous.

**Tableau 4.9 Plinthes électriques radiantes du deuxième étage et leur prix**

| Chambre      | Besoins (W) | Modèles           | Prix (\$) |
|--------------|-------------|-------------------|-----------|
| Aire ouverte | 1 176       | ORC1052 + ORC-TB6 | 301 + 65  |
| Chambre 1    | 568         | ORC602 + ORC-TB6  | 214 + 65  |

**Tableau 4.9 Plinthes électriques radiantés du deuxième étage et leur prix (suite)**

|                 |     |                  |              |
|-----------------|-----|------------------|--------------|
| Chambre 2       | 534 | ORC602 + ORC-TB6 | 214 + 65     |
| Salle de bain 2 | 470 | ORC452 + ORC-TB6 | 163 + 65     |
| <b>Total</b>    |     |                  | <b>1 152</b> |

À la lumière de ces besoins énergétiques et des modèles de plinthes électriques radiantés sélectionnés, le coût total pour le système de chauffage électrique de la maison adaptée est de 2 628 \$.

### **Chauffage de l'eau**

Pour ce qui est du chauffage de l'eau, la maison ERE 132 a un chauffe-eau électrique de 60 gallons Giant Super Cascade Ecopack. Il s'agit d'un modèle de chauffe-eau performant avec trois éléments chauffants, ce qui permet de décaler la demande énergétique de l'appareil hors des heures de pointes de consommation énergétique et de prolonger la vie des éléments (Compilation LEED ERE 132).

Ce même modèle est conservé pour la maison adaptée. Le coût de ce chauffe-eau excluant l'installation et la plomberie (ces informations se retrouvent dans la partie sur la plomberie et les salles de bains dans la section des autres coûts) est de 667 \$ (Reno Depot, 2017b).

### **Ventilation**

Un système de ventilation permet un renouvellement de l'air dans la maison lorsque les fenêtres sont maintenues fermées en hiver (Compilation LEED ERE 132). La maison ERE 132 est munie d'un système de ventilateur récupérateur de chaleur afin de grandement réduire les pertes de chaleur ainsi que d'assurer une bonne qualité de l'air à l'intérieur. Celui-ci permet une récupération de 75 % de la chaleur de l'air viciée, qui est évacuée, transférant sa chaleur vers l'air plus frais qui entre dans la maison depuis l'extérieur. Durant l'été, ce processus est inversé, permettant de conserver un environnement intérieur à plus basse température, mais avec un air plus propre (HVAC quick, 2017). Ceci est important dans l'optique d'un maintien de la santé des occupants de la maison (ASHRAE. 2016). Le système de ventilateur récupérateur de chaleur de la maison ERE 132 respecte les critères de la norme ASHRAE 62.2 sections 4 et 7 (Compilation LEED ERE 132).

Le modèle sélectionné pour le projet ERE 132 et la maison adaptée est le 155 MAX de marque Lifebreath. Ce modèle inclut un déshumidificateur intégré, permettant de réguler l'humidité de l'air dans la maison. Il se vend pour le prix de 869 \$ américains (HVAC quick, 2017). Ceci correspond, en date du 1er novembre 2017, à 1 112 \$ canadiens. Le coût associé aux conduits d'air nécessaires au système de ventilation est hautement variable selon la disposition et la taille de la maison. Ceci dit, l'installation de conduits d'air

coûte au minimum entre 3 000 \$ et 5 000 \$ pour la main-d'œuvre et le matériel nécessaire (Home Advisor, 2017c). Étant donné la taille de la maison ERE 132 ainsi que la simplicité de sa disposition, le coût de 3 000 \$ est retenu pour l'évaluation. Le coût pour le système de ventilateur récupérateur de chaleur ainsi que pour les conduits d'air est de 4 112 \$.

### **Éclairage**

L'éclairage de la maison ERE 132 est fait de lumières LED. Ces lumières sont très efficaces, ce qui permet de réduire la demande énergétique de la maison. Ces dernières sont suspendues aux murs et aux plafonds. La maison ERE 132 a aussi des ampoules incandescentes au-dessus de la table à manger pour des raisons esthétiques.

En ce qui concerne la maison adaptée, le coût de l'éclairage est estimé en utilisant des données concernant le prix d'un système d'éclairage pour une superficie donnée. Le coût de l'installation de tout l'éclairage pour une maison est de 13,54 \$ par m<sup>2</sup>, selon une étude sur les habitations aux États-Unis et une entreprise d'évaluation des coûts de construction (24hPlans, 2016; Taylor, 2015). Pour la maison adaptée, ayant une superficie habitable de 173 m<sup>2</sup>, le coût relié à l'éclairage est estimé à 2 342 \$.

### **Circuit électrique**

Ajoutée au prix des différents éléments électriques, l'installation du circuit électrique doit être prise en compte. Le prix de cette installation varie fortement selon les besoins et l'obtention d'un coût précis est difficile. L'estimation faite par Kamco Construction pour la maison conventionnelle servant de comparaison pour le projet ERE 132 est de 16 500 \$ pour l'entièreté du réseau d'électricité (J.-M. Drapeau, courriel, 6 novembre 2017). Par contre, ce montant n'est pas utilisé dans cette analyse dû au manque d'information associé à ce chiffre. Le site Soumission Rénovation propose un prix minimal de 5 000 \$ pour un câblage d'une nouvelle habitation fait par un électricien certifié (Soumission Rénovation, 2017a). La main-d'œuvre est incluse dans ce prix, car ce type de travail nécessite une expertise et un contrôle professionnel (P. Etcheverry, conversation, 10 novembre 2017). Le prix approximatif de 5 000 \$ est supporté par une étude de cas sur une maison Novoclimat en 2005, qui estime le coût du circuit électrique à 5 170 \$ (Gouvernement du Québec, 2005). Donc, le prix de 5 000 \$, quoique manquant de précision et représentant le seuil minimal des investissements possibles pour ce type de travail, est utilisé pour estimer le coût du réseau électrique de la maison adaptée. Celui-ci est sujet à forte variation selon les besoins énergétiques du consommateur.

#### 4.2.7 Autres coûts

Cette section aborde les éléments divers de la maison qui ne sont pas inclus dans les catégories précédentes et comprend : la cuisine, la cage d'escalier, la plomberie et les salles de bain ainsi que les éléments extérieurs et les accessoires. Le tableau 4.10 présente les résultats de l'évaluation des coûts de ces divers éléments.

**Tableau 4.10 Autre coûts**

| Autres coûts                       |               |
|------------------------------------|---------------|
| Élément                            | Prix (\$)     |
| Cuisine                            | 18 102        |
| Plomberie et salles de bain        | 12 353        |
| Éléments extérieurs et accessoires | 10 153        |
| <b>Total</b>                       | <b>40 608</b> |

#### Cuisine

La cuisine de la maison ERE 132 tente de faire le plus possible avec un espace restreint. Pour ce faire, le comptoir de cuisine est accompagné d'un îlot central. Faits entièrement sur mesure, ces derniers assurent une utilisation maximale de l'espace disponible, tout en procurant des qualités esthétiques appréciables à cet espace de vie. La figure 4.2 présente la disposition de la cuisine. Comme c'est le cas pour le reste de la maison, la cuisine incorpore une grande variété de matériaux dans sa composition. Différents modèles de caissons et de portes d'armoires constitués d'érable, de frêne et de composites forment les espaces de rangement. Les comptoirs de l'îlot sont composés de bois et la surface des comptoirs du reste de la cuisine est constituée de granite.



**Figure 4.2 Cuisine de la maison ERE 132** (tiré d'ERE 132, 2017c)

Miralis, compagnie de meubles de cuisine impliquée dans le projet, a fourni l'information sur les coûts de ses contributions. La cuisine de la maison ERE 132 a un prix total de 18 102 \$ (C. Jean, courriel, 7 novembre 2017). Les meubles du haut de la cuisine en érable naturel comptent pour 5 193 \$ de ce total. Les meubles du bas de la cuisine comme les comptoirs et l'îlot coûtent 6 054 \$ et les tiroirs, pièces et accessoires coûtent 6 855 \$. Selon M Jean, coordonnateur marketing chez Miralis, ce prix inclut l'installation, car les détaillants l'incluent dans leurs prix de vente (C. Jean, courriel, 7 novembre 2017).

La cuisine est une composante d'une maison qui varie fortement en termes de coût selon les besoins et les préférences du consommateur. En ce sens, les estimations pour une cuisine de petite taille pour la région de Montréal varient entre 12 000 \$ et 22 000 \$, avec la moyenne des coûts pour une cuisine de la même région coûtant autour de 25 000 \$ (Pagliuca, 2017). Quant à lui, l'outil en ligne *Remodeling Calculator* qui, en tenant compte des proportions restreintes de la cuisine, propose un estimé de 11 100 \$ pour une cuisine de bas de gamme, 13 000 \$ pour une cuisine de milieu de gamme et 16 300 \$ pour l'option haut de gamme (Remodeling Calculator, 2017). La cuisine de la maison ERE 132 et de la maison adaptée est donc relativement coûteuse pour sa taille, mais est constituée de matériaux très haut de gamme et optimise l'utilisation d'un petit espace.

### **Plomberie et salles de bain**

Les salles de bain de la maison ERE 132 sont construites avec divers matériaux, incluant un revêtement de plancher en ardoise et de la céramique pour les douches. Les appareils tels les robinets, pommeaux de douche et les toilettes sont tous des modèles économes en eau. De plus, la salle de bain du premier étage est adaptée pour les personnes à mobilité réduite (Plans ERE 132).

Pour la maison adaptée, il n'est pas nécessaire d'avoir une salle de bain accessible pour les personnes à mobilité réduite. Une soumission pour la plomberie de la maison entière ainsi que pour l'ameublement des deux salles de bains a été faite par Plomberie Mario Côté, une compagnie de plomberie basée à Sherbrooke. Cette soumission, basée sur les plans de la maison, comprend tous les éléments nécessaires aux salles de bain de la maison, sans souci particulier pour la performance, dans l'optique d'une économie monétaire, et sans le système de plancher radiant hydronique. De plus, cette soumission comprend la plomberie nécessaire pour l'échappement du radon, reliant la fondation au plafond, mais exclut l'auvent d'évacuation sur la toiture. La soumission inclut aussi un chauffe-eau de marque Giant modèle Expert 8 plus (valeur de 455 \$). Le coût de celui-ci est déduit de celui de la soumission, car un chauffe-eau plus performant est priorisé, comme il l'a été expliqué dans la section sur la consommation d'énergie.

Donc, la soumission pour la plomberie de la maison adaptée est de 12 807 \$, mais de ce prix est déduit le montant de 455 \$ correspondant au prix du chauffe-eau. Le prix final est donc de 12 353 \$ (S. Lagueux, courriel, 18 octobre 2017).

### **Éléments extérieurs et accessoires**

Cette section aborde différents éléments extérieurs de la maison ERE 132, tels le balcon de l'entrée principale, les pare-soleils pour les fenêtres du côté sud de la maison, les gouttières ainsi que les persiennes de ventilation pour la toiture.

Pour ce qui est du balcon de l'entrée principale, celui-ci est construit en mélèze et a une superficie d'approximativement 5,32 m<sup>2</sup>. Cette surface surélevée en bois est couverte par un toit. Ceci crée une aire d'entrée abritée. L'analyse des coûts du recouvrement de ce toit se trouve dans la section sur le recouvrement de la toiture, car le même matériel est utilisé. En ce qui concerne la maison adaptée, le même design de balcon est conservé, mais c'est le cèdre rouge qui est préconisé comme matériel de construction. Cette essence est très bien adaptée aux conditions extérieures et permet une résistance naturelle à l'eau et au rayonnement solaire grâce à des huiles naturellement présentes dans le cèdre (Dutemple, 2017). Le prix d'un balcon construit avec cette essence par des professionnels est approximativement de 376 \$ par m<sup>2</sup> (Dutemple, 2017). Ainsi, le coût pour ce balcon de 5,32 m<sup>2</sup> est d'approximativement 2 003 \$. Le coût estimé de la structure du toit du balcon, construit avec de la pruche, est de 1 200 \$ (S. Rangaya, conversation, 31 octobre 2017). Le coût total pour le balcon, excluant le recouvrement en aluminium (inclus dans la section sur le recouvrement de la toiture), est de 3 203 \$.

Comme mentionné précédemment, la maison ERE 132 use de l'apport énergétique du solaire passif pour subvenir à une partie de ses besoins de chauffage. Un aspect important de cette approche de chauffage est le contrôle de la pénétration solaire dans la maison. Pour ce faire, la maison ERE 132 est munie de pare-

soleils sur les fenêtres de la façade sud. Ceux-ci laissent passer la lumière durant les mois plus froids et créent de l'ombre durant les mois d'été (voir figures 3.3 et 3.4). Ces pare-soleils sont construits en mélèze et sont supportés par une charpente métallique. La maison, dans sa disposition actuelle, compte trois de ces pare-soleils pour ses fenêtres au premier étage et un pour la grande fenêtre du deuxième étage. Les fenêtres du deuxième étage, qui sont de plus petite taille et plus près du toit de la maison, sont ombragées par le débord de toit et ne nécessitent pas de pare-soleil. Ces pare-soleils sont également très importants dans le cas de la maison adaptée, car celle-ci dépend aussi du solaire passif pour une bonne partie de son apport thermique. Selon M. Rangaya, qui fabrique fréquemment des structures de bois de ce type, le prix total pour les quatre pare-soleils est d'approximativement 6 000 \$ (S. Rangaya, conversation, 31 octobre 2017). Ce prix inclut l'installation de pare-soleils en cèdre rouge avec leurs éléments métalliques conçus selon les spécifications de la maison.

En ce qui concerne les gouttières, la maison ERE 132 possède des gouttières en cèdre massif. Ajoutant des qualités esthétiques à la maison, ces gouttières sont aussi entièrement naturelles, approvisionnées localement et constituées de matériaux renouvelables. Cette option n'est par contre pas disponible pour la maison adaptée, étant donné la fermeture de la compagnie fournissant le matériel. Par conséquent, des gouttières en aluminium sont choisies pour la maison. Ces dernières coûtent entre 9,84 \$ et 16,41 \$ le m, incluant l'installation et les accessoires (Soumission Rénovation, 2017b). Encore une fois, étant donné la simplicité de la forme de la maison, le montant inférieur de cette fourchette de prix est utilisé pour l'estimation du prix. Selon les plans de la maison, 25,4 m de gouttières sont nécessaires pour le toit principal. Ceci correspond à un coût approximatif de 250 \$ pour les gouttières de la maison adaptée.

La maison ERE 132 possède des persiennes aux coins supérieurs de son toit afin de faciliter la ventilation de sa toiture. Les persiennes de la maison ERE 132 sont constituées de mélèze et incluent un filtre média et une grille métallique empêchant les insectes, oiseaux et rongeurs d'infiltrer la bâtisse. Selon la documentation interne de Kamco, ceux-ci ont coûté 725 \$ (J.-M. Drapeau, courriel, 6 novembre 2017). Les persiennes de la maison adaptée sont construites de cèdre rouge et incluent les mêmes éléments de protection que ceux de la maison ERE 132. Encore selon M. Rangaya, ces éléments ont un coût unitaire d'approximativement 350 \$ résultant en un coût de 700 \$ pour la maison (S. Rangaya, conversation, 31 octobre 2017).

Les autres éléments tels les jardins, l'entrée pour la voiture, la borne de chargement électrique et les marches pour l'issue du deuxième étage ne sont pas inclus dans le calcul de la maison adaptée. En effet, ceux-ci sont jugés non indispensables pour les besoins du consommateur privé moyen et sont laissés à la discrétion du potentiel client.



### 4.3 Résultats de l'évaluation des coûts de la maison adaptée

Dans les sections précédentes, les coûts des différentes catégories d'éléments constitutifs de la maison adaptée ont été identifiés et analysés. Un bilan des coûts peut désormais être réalisé afin d'estimer le prix total d'une maison basée sur le modèle ERE 132. Le tableau 4.11 présente les sommes associées à chaque catégorie de coûts ainsi que le coût total de la maison adaptée.

**Tableau 4.11 Bilan des coûts des différents groupes d'éléments de la maison adaptée**

| Groupe                               | Élément   | Coût (\$)  | Main d'oeuvre | Coût main d'oeuvre<br>estimé (\$) | Coût total élément (\$) | Sous-totaux (\$) |
|--------------------------------------|---|------------|---------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------|
| Charpente, toiture et recouvrement   | Recouvrement de la toiture                                      | 15 630.00  | oui           |                                   | 15 630.00               | 121 734.00       |
|                                      | Charpente de la maison  | 67 310.00  | oui           |                                   | 67 310.00               |                  |
|                                      | Parement extérieur  | 6 745.00   | non           | 6 745.00                          | 13 490.00               |                  |
|                                      | Portes et fenêtres extérieures                                  | 25 304.00  | oui           |                                   | 25 304.00               |                  |
| Revêtements des planchers            | Revêtement du plancher du premier étage                         | 3 490.00   | oui           |                                   | 3 490.00                | 15 216.00        |
|                                      | Revêtement du plancher du deuxième étage                        | 5 418.00   | non           | 5 418.00                          | 10 836.00               |                  |
|                                      | Revêtement du plancher de la salle de bain du<br>deuxième étage | 445.00     | non           | 445.00                            | 890.00                  |                  |
| Fondation                            | Excavation et préparation du terrain                            | 12 500.00  | oui           |                                   | 12 500.00               | 18 607.00        |
|                                      | Dalle de béton tertiaire  | 6 107.00   | oui           |                                   | 6 107.00                |                  |
| Murs intérieurs                      | Cloisons intérieures  | 5 482.00   | non           | 5 482.00                          | 10 964.00               | 35 925.00        |
|                                      | Intérieur des murs extérieurs et plafonds                       | 1 470.00   | non           | 1 470.00                          | 2 940.00                |                  |
|                                      | Revêt intérieur et peinture                                     | 13 486.00  | oui           |                                   | 13 486.00               |                  |
|                                      | Moulures, portes et cadres intérieurs                           | 3 001.00   | non           | 3 001.00                          | 6 002.00                |                  |
|                                      | Escaliers   | 2 533.00   | oui           |                                   | 2 533.00                |                  |
| Isolation                            | Isolation des murs extérieurs                                   | 2 201.00   | oui           |                                   | 2 201.00                | 17 600.00        |
|                                      | Isolation de la toiture   | 3 452.00   | oui           |                                   | 3 452.00                |                  |
|                                      | Autres coûts  | 11 947.00  | oui           |                                   | 11 947.00               |                  |
| Énergie                              | Chauffage   | 2 628.00   | oui           |                                   | 2 628.00                | 14 749.00        |
|                                      | Chauffage de l'eau  | 667.00     | oui           |                                   | 667.00                  |                  |
|                                      | Ventilation   | 4 112.00   | oui           |                                   | 4 112.00                |                  |
|                                      | Éclairage   | 2 342.00   | oui           |                                   | 2 342.00                |                  |
|                                      | Circuit électrique  | 5 000.00   | oui           |                                   | 5 000.00                |                  |
| Autres coûts                         | Cuisine   | 18 102.00  | oui           |                                   | 18 102.00               | 54 608.00        |
|                                      | Plomberie et salles de bain                                     | 12 353.00  | oui           |                                   | 12 353.00               |                  |
|                                      | Aménagement paysager et accessoires                             | 10 153.00  | oui           |                                   | 10 153.00               |                  |
|                                      | Coûts imprévus  | 14 000.00  | oui           |                                   | 14 000.00               |                  |
| Coût total de la maison adaptée (\$) |   | 278 439.00 |               |                                   |                         |                  |

Comme le démontre le total du tableau 4.11, le coût de la maison adaptée de la maison ERE 132, tel qu'estimé par la présente évaluation, est de 278 439 \$ avant taxes et autres frais connexes reliés à la construction d'une maison neuve. Évidemment, ce prix exclut celui du terrain. Une marge estimée à 5 % du coût total de la maison adaptée est incluse dans le calcul pour les imprévus, erreurs et variabilité dans les choix de fournisseurs. Avec un total de 278 439 \$, cette marge s'élève à approximativement 14 000 \$.

Ce travail d'évaluation des coûts de la maison a certaines limites qui sont importantes à mentionner. Comme abordés précédemment, plusieurs facteurs influencent le prix de la main-d'œuvre tels la nature de la tâche, le niveau de précision et de détails nécessaires, le volume de matériel consommé, l'ampleur du projet, la hauteur des travaux effectués sur une structure, les mesures d'augmentation de l'efficacité du travail mis en place ou non par les ouvriers, etc. (S. Rangaya, conversation, 31 octobre 2017; Webb, s. d.). De plus, le niveau d'implication du client dans la construction de l'habitation influe de manière importante

sur ce prix (Lavigne, 2009). Par contre, l'autoconstruction et la contribution des propriétaires ne sont pas incluses dans cette analyse. Ceci permet de faciliter les comparaisons qui suivront, puisque les estimations obtenues pour des maisons comparables incluent la main-d'œuvre professionnelle, sans contributions de temps et de travail des propriétaires. Les différentes comparaisons sont faites à partir de coûts clé en main, c'est-à-dire de coûts pour une maison prête à habiter.

Finalement, il est important de mentionner que le résultat de cette évaluation est une interprétation de la maison adaptée qui peut varier selon les spécifications des potentiels consommateurs et de la communauté dans laquelle est implantée la maison. Cette évaluation des coûts est réalisée dans l'optique d'offrir un ordre de grandeur de prix pour une maison adaptée du modèle d'habitation proposé par le projet d'écoconstruction ERE 132 et de permettre de le situer par rapport à sa compétition dans le marché immobilier en général.

## **5. L'APPROCHE ERE 132 DANS LE MARCHÉ IMMOBILIER DE MASSE**

À la lumière de l'information recueillie dans l'évaluation des coûts de la maison adaptée et de la caractérisation sommaire du marché immobilier, l'abordabilité ainsi que le potentiel d'influence sur le marché de la maison adaptée peuvent être étudiés. Le modèle d'écohabitation proposé par ERE 132 est novateur et présente des opportunités intéressantes pour une pénétration de l'écoconstruction dans le marché immobilier de masse québécois et canadien. Dans sa tentative d'être une option abordable pour le consommateur moyen, d'intégrer la collectivité et les entreprises locales dans son processus de conception et de construction ainsi que de réduire l'empreinte environnementale d'une maison unifamiliale détachée, ce projet apporte plusieurs idées et approches intéressantes.

Ce chapitre aborde trois points principaux. Premièrement, différentes approches en écoconstruction sont présentées afin de situer le projet ERE 132 en termes de prix et en termes de produit offert. Deuxièmement, l'abordabilité, la compétitivité et l'accessibilité du modèle adapté de la maison ERE 132 sont discutées. Finalement, les potentiels obstacles et freins sont abordés.

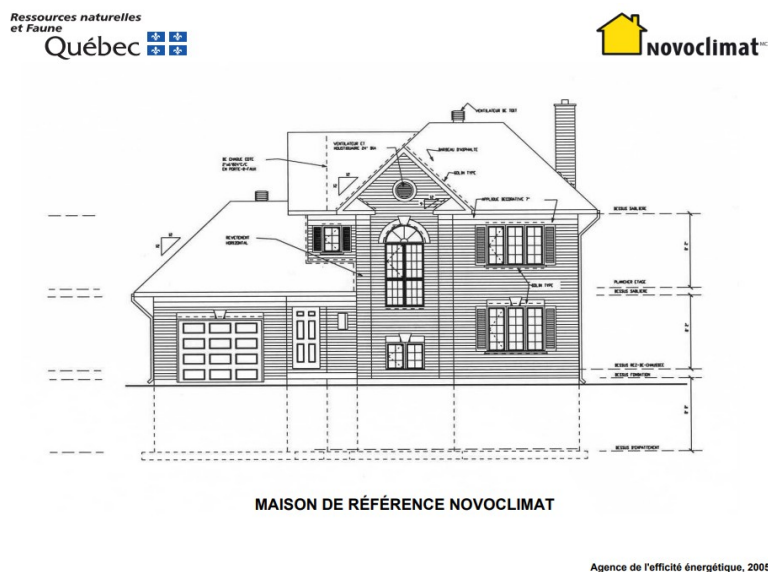
### **5.1 Les différentes approches et coûts de la compétition**

Dans l'optique de cerner la position de la maison adaptée de la maison ERE 132 par rapport à la compétition, une brève caractérisation des différents produits et de différentes approches est nécessaire. Pour ce faire, l'offre conventionnelle ainsi que des modèles d'habitation performantes sont caractérisés puis comparés à la maison adaptée. Bien que la maison ERE 132 n'ait pas les mêmes objectifs et la même approche de construction les maisons de l'offre conventionnelle, il est important de la comparer à ces maisons. Ce sont des modèles qui sont compétitifs sur le marché de masse de l'immobilier et ils doivent être intégrés dans une réflexion d'abordabilité pour viser une clientèle élargie. De plus, comparer la maison adaptée de la maison ERE 132 à des projets écoproductifs similaires est indispensable pour avoir une idée d'où elle se situe par rapport à ceux-ci et de son positionnement dans le marché de l'écoconstruction. Ainsi, différents exemples de maisons écologiques sont présentés afin de comparer la maison adaptée à des projets plus spécialisés et très performants. Les études de cas de ces maisons proviennent de l'essai de Vanessa Poirier, lequel présente un diagnostic de la maison pavillonnaire québécoise durable. Les exemples tirés de cet essai sont la résidence LEED Or à Saint-Colomban, la résidence LEED Platine Caron-Descôteaux et la résidence Équilibre ÉcoTerra.

#### **Maison de référence Novoclimat et offre conventionnelle**

En 2005, le ministère provincial des Ressources naturelles et de la Faune, aujourd'hui le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) publie une estimation détaillée d'une maison Novoclimat. Ce

document recense tous les éléments constituant une maison de référence (figure 5.1) et étudie la différence de prix entre les différentes approches de construction (murs extérieurs fabriqués en usine et murs extérieurs fabriqués en chantier) ainsi que le surcoût engendré par la norme Novoclimat pour chacun de ces scénarios (Gouvernement du Québec, 2005). La maison de référence utilisée a une superficie habitable d'approximativement 1 456 pi<sup>2</sup>. Cette mesure exclut le garage et le sous-sol, mais ces éléments sont compris dans le coût total de la maison. Le coût pour la maison de référence Novoclimat dont les murs ont été fabriqués en usine (comme la maison ERE 132 et sa maison adaptée) est de 171 289 \$ avant les taxes (Gouvernement du Québec, 2005). En prenant compte l'inflation entre 2005 et 2017, un coût à jour de 207 801 \$ est obtenu (Banque du Canada, s. d.).



**Figure 5.1 Maison de référence Novoclimat** (tiré de Gouvernement du Québec, 2005)

Ceci correspond à un coût de 142,70 \$/pi<sup>2</sup>. La maison adaptée de la maison ERE 132 coûte 149,60 \$/pi<sup>2</sup>, soit 1,6 % de plus que la maison de référence Novoclimat. Par contre, cette comparaison ne prend pas en compte le sous-sol ainsi que le garage, éléments inclus dans la maison de référence Novoclimat, qui rendent probablement cette différence de prix beaucoup plus importante.

Il est également possible à présent de comparer la maison adaptée avec les deux exemples présentés dans la section 2.2.2. Le prix estimé de la maison adaptée dépasse de manière substantielle le prix de 160 000 \$ proposé pour une maison préfabriquée par Pro-Fab respectant en théorie la norme Novoclimat 2.0, mais n'obtenant pas une certification officielle. Il dépasse aussi le prix total de 243 000 \$ proposé par Kamco Construction pour une maison comparable à ERE 132 respectant la norme Novoclimat 1.0. Selon les résultats de l'analyse des coûts, le prix par pi<sup>2</sup> de la maison adaptée est de 149,60 \$. Les prix du pi<sup>2</sup> de la maison de Pro-Fab et de Kamco Construction sont de 88,90 \$ et 130,50 \$ respectivement. Donc, la maison

adaptée coûte 68,3 % de plus que la maison préfabriquée Novoclimat proposée par Pro-Fab. Quoique peut comparable avec la maison adaptée de la maison ERE 132, l'approche de conception et de construction étant très différente, le produit de Pro-Fab, qui représente bien l'option économique de la préfabrication, est compétitif sur le marché de masse et, dans l'optique d'une intégration de ce marché par le modèle ERE 132, doit être pris en compte. Par ailleurs, la maison adaptée coûte 14,6 % de plus que la maison préfabriquée en usine conventionnelle Novoclimat de Kamco. Cette dernière est plus comparable avec le modèle de la maison ERE 132, mais demeure un produit avec des objectifs différents.

Un autre point de référence important est l'offre de Dessins Drummond. Cette compagnie se spécialise dans la conception de plans de constructions résidentielles conventionnelles (Dessins Drummond, s. d.a). Sur leur site web, le prix estimé de plusieurs habitations construites selon leurs plans est disponible, permettant une comparaison avec la maison adaptée de la maison ERE 132. Une recherche basée sur les caractéristiques de la maison ERE 132 dans les modèles offerts par Dessins Drummond est faite. Les critères utilisés sont : un coût se situant entre 150 000 et 275 000 \$, trois chambres à coucher, deux étages, l'absence de garage et une surface habitable d'entre 1 400 et 2 000 pi<sup>2</sup>. Cette recherche avec ces critères correspond à 53 plans, mais de ceux-ci, seuls ceux qui sont relativement semblables au modèle ERE 132 sont retenus. Les modèles retenus, leurs prix, leurs superficies ainsi que leurs coûts par pi<sup>2</sup> sont détaillés dans le tableau 5.1. Les coûts retenus dans ce tableau sont ceux qui reflètent le coût d'une maison clé en main, c'est-à-dire construite par des compagnies de construction dans le domaine et prêtes à être emménagées (Dessins Drummond, s. d.b).

**Tableau 5.1 Détails des différents modèles de Dessins Drummond et coût de superficie moyen** (compilation d'après Dessins Drummond, s. d.b)

| Modèle         | Superficie (pi <sup>2</sup> ) | Prix (\$)         | Coût superficie (\$/pi <sup>2</sup> ) |
|----------------|-------------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| W2945A         | 1 494                         | 225 000.00        | 150.60                                |
| W3943          | 1 579                         | 265 000.00        | 167.83                                |
| W3519          | 1 508                         | 210 000.00        | 139.26                                |
| W3906          | 1 442                         | 239 000.00        | 165.74                                |
| W2735          | 1 432                         | 200 000.00        | 139.66                                |
| W3516          | 1 534                         | 230 000.00        | 149.93                                |
| W4908          | 1 648                         | 212 000.00        | 128.64                                |
| W2747          | 1 662                         | 208 000.00        | 125.15                                |
| W4735          | 1 530                         | 207 000.00        | 135.29                                |
| W3717          | 1 688                         | 220 000.00        | 130.33                                |
| W2597-V1       | 1 561                         | 229 000.00        | 146.70                                |
| W2781          | 1 420                         | 195 000.00        | 137.32                                |
| W2749          | 1 650                         | 266 000.00        | 161.21                                |
| W1585          | 1 502                         | 204 000.00        | 135.82                                |
| <b>Moyenne</b> | <b>1 546</b>                  | <b>222 142.86</b> | <b>143.82</b>                         |

Il est important de noter que la superficie des différentes maisons n'inclut pas tout espace boni ni le sous-sol non aménagé. Par contre, le prix inclut ces différents éléments. En d'autres mots, si ces maisons sont construites sur dalle (l'option est possible, mais pas initialement incluse) leur prix pourrait être revu à la baisse. Aussi, certaines de ces maisons sont plus haut de gamme et d'autres le sont moins. Cela dit, toutes ces maisons sont des projets un peu plus coûteux que ceux se situant au seuil inférieur des coûts de maisons, comme les modèles de l'offre de Pro-Fab. En effet, Pro-Fab offre des maisons à un prix inférieur, mais avec des concessions sur l'esthétique et la qualité des éléments constitutifs.

Ce qui ressort de la courte analyse de l'offre de Dessins Drummond est que le coût moyen par  $\text{pi}^2$  des différentes maisons s'apparentant à la maison ERE 132 est de 143,80 \$. Donc, la maison adaptée de la maison ERE 132 coûte approximativement 4,0 % de plus par  $\text{pi}^2$  que la moyenne des coûts de Dessins Drummond.

### **Résidence LEED Or à Saint-Colomban**

Cette maison bigénérationnelle de 2 150  $\text{pi}^2$  se trouve dans les Basses-Laurentides et est un modèle à faible coût, selon son propriétaire. Le logement principal a une superficie habitable de 1 500  $\text{pi}^2$  et le logement secondaire mesure 650  $\text{pi}^2$ . L'objectif de cette maison est d'atteindre des performances environnementales élevées à un faible coût en faisant un compromis sur la superficie habitable. Comme observable dans la figure 5.2, celle-ci s'insère bien dans son environnement de banlieue, ressemblant à une habitation typique. Le coût de la construction est estimé à 195 000 \$, excluant le prix du terrain et est le résultat d'un processus d'autoconstruction (Poirier, 2013). Ceci correspond à un coût de 88,40 \$/ $\text{pi}^2$ . Bien que ce cas permette d'apprécier les possibilités d'économies associées à l'autoconstruction tout en maintenant une performance énergétique élevée, il n'est pas directement comparable à des maisons clé en main fabriquées par des professionnels certifiés comme les autres exemples cités plus bas ou la maison adaptée de la maison ERE 132.



**Figure 5.2 La résidence LEED Or à Saint-Colomban** (tiré de Écohabitation, 2012b)

La maison est composée d'une structure et d'éléments de bois préfabriqués à l'extérieur du site. Selon le constructeur, la préfabrication est une approche essentielle pour l'économie monétaire ainsi que la réduction des pertes de matériel (Écohabitation, 2012b).

La réduction du coût ainsi que l'augmentation de la performance de l'enveloppe ont été des priorités tout au long du processus de conception et de construction de cette maison, engendrant des compromis sur l'impact environnemental de ceux-ci (Écohabitation, 2012b). Par exemple, le recouvrement extérieur est en vinyle et non en bois et l'isolation des murs extérieurs est en polystyrène expansé. De ce fait, celle-ci atteint une certification LEED Or aux coûts généralement attendus d'une performance Novoclimat standard. (Poirier, 2013)

Ce que ce cas souligne est la diversité d'approches pouvant être certifiées LEED. Bien que cette maison soit un projet très intéressant ayant ses points forts, ses objectifs ne sont pas du tout alignés avec ceux du projet ERE 132.

### **Résidence LEED Platine Caron-Descôteaux**

Cette maison, illustrée dans la figure 5.3, est située dans l'Écovillage des Côteaux du Lac à Orford, Québec. Elle atteint une certification LEED Platine. D'une superficie habitable de 1 480 pi<sup>2</sup>, la maison a un coût estimé de 220 000 \$ pour la construction seule. Celle-ci a été construite par un entrepreneur général agréé Novoclimat. Ceci correspond à un coût de construction de 148,60 \$/pi<sup>2</sup>. Ceci est très comparable à la maison adaptée, ayant un coût de 149,60 \$/pi<sup>2</sup> avec une différence de seulement 0,7 %. La valeur totale de cette maison est estimée à 395 000 \$ incluant le terrain de 2,5 acres, le puits artésien, la fosse septique et le chemin d'accès (Méthé, 2011; Poirier 2013).



**Figure 5.3 La résidence LEED Platine Caron-Descôteaux (tiré de Méthé, 2011)**

Cette maison exploite l'énergie solaire passive. De plus, son enveloppe est très efficace avec des coefficients R variant entre 40 et 50 pour les murs et le toit respectivement. De plus, la maison repose sur une dalle de béton incorporant un système chauffant hydronique. Par contre, la propriétaire constate que les apports en chauffage du solaire passif et du poêle à bois performant suffisent pour garder la maison à une température confortable et estime le plancher chauffant non nécessaire. La maison est aussi construite avec des matériaux de plus grande qualité, est certifiée sans COV ni formaldéhyde et est faite de bois certifié FSC. (Poirier, 2013)

Quoiqu'un peu moins volumineuse que la maison ERE 132, cette habitation est similaire à celle-ci. La conception efficace, la performance énergétique de l'enveloppe ainsi que l'utilisation de matériaux sains semblent être prioritaires dans ce cas.

### **Résidence ÉQuilibrium ÉcoTerra**

Cette maison, visible dans la figure 5.4, est située à Eastman dans les Cantons-de-l'Est et est issue d'un projet qui visait un bilan énergétique neutre. Elle possède une superficie habitable de 1 515 pi<sup>2</sup>, chiffre semblant exclure le sous-sol (Poirier, 2013). Le coût de cette résidence s'élève à 350 000 \$, correspondant à un coût de 231 \$/pi<sup>2</sup>. Ceci correspond à un prix 54,4 % plus élevé que la maison adaptée d'ERE 132. Il est important de prendre en compte le fait que le système de chauffage, constitué d'un système de géothermie, d'un système de récupération de chaleur ainsi que de panneaux photovoltaïques, compte pour approximativement 100 000 \$ dans ce prix (Poirier, 2013).



**Figure 5.4 Résidence ÉQuilibrium ÉcoTerra** (tiré de Gravel, 2011)

Ce modèle d'habitation est préfabriqué en usine, encore une fois pour optimiser les processus de construction et réduire les pertes de matériel. Ce projet de maison a comme objectif de réduire au maximum son empreinte écologique et d'offrir un environnement sain à ses résidents (Gagnon, 2010). De par sa conception modulable et ses cloisons intérieures mobiles, la maison bénéficie d'espaces de vie

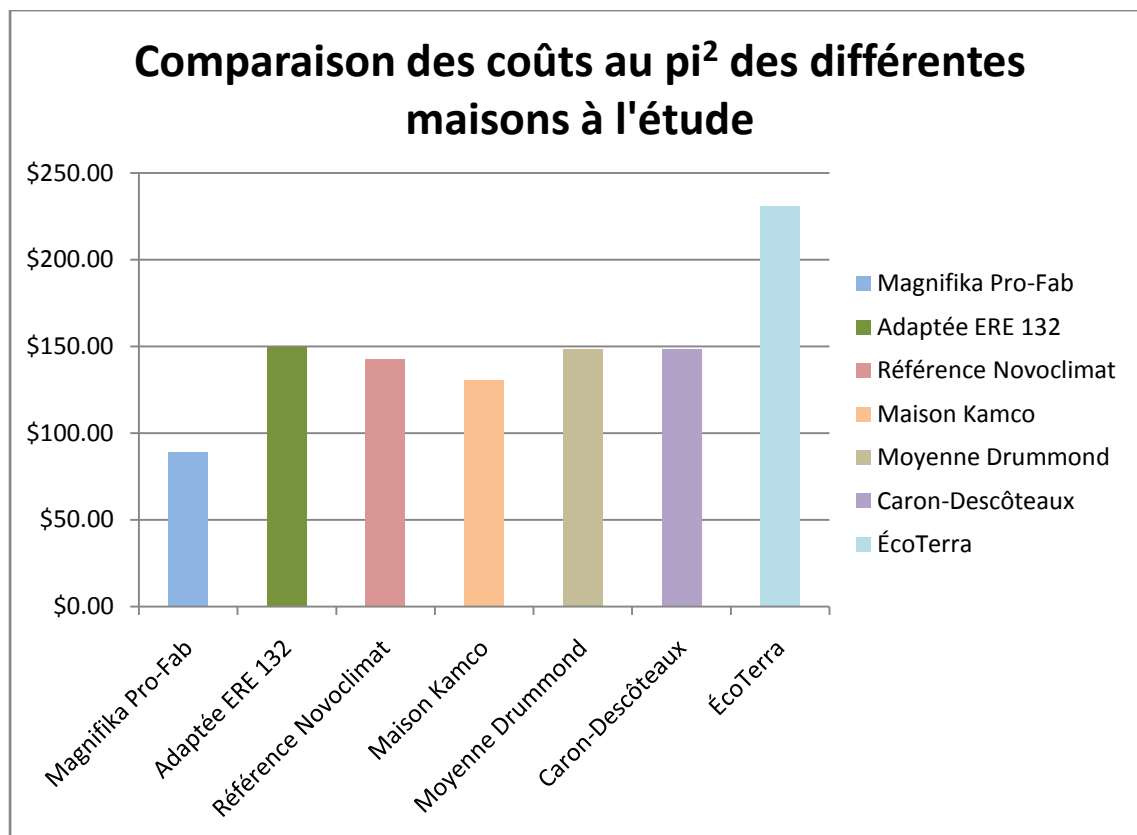


flexibles et adaptables, ce qui permet d'éviter le recours à des rénovations futures et réduit ainsi l'impact environnemental de futurs travaux. La maison est aussi munie d'une enveloppe très performante, combinée à une conception permettant de profiter des apports en énergie solaire passive grâce à son orientation optimale par rapport au soleil. (Poirier, 2013)

L'aspect modulaire de cette maison, quoiqu'intéressant et novateur, engendre fort probablement des coûts supplémentaires que la maison adaptée d'ERE 132 peut épargner en se dotant d'un design initialement bien réfléchi. Les formes plus complexes et les différents éléments de cette maison en font une option plus haut de gamme que la maison ERE 132.

## **5.2 L'abordabilité de la maison ERE 132**

La maison adaptée de la maison ERE 132 se positionne, en termes de prix par  $\text{pi}^2$ , entre les maisons conventionnelles normées Novoclimat et les maisons écologiques plus performantes et plus haut de gamme. Les modèles les plus performants pouvant engendrer entre 10 % et 20 % de surcoût pour atteindre les seuils de performance Passivhaus par exemple (Vallerand, 2017). La maison ERE 132 se veut une option d'écoconstruction performante, abordable et accessible. La maison adaptée du modèle ERE 132 est compétitive en termes de prix avec une partie de l'offre immobilière conventionnelle haut de gamme. Comme vu dans la section précédente, la différence de prix par  $\text{pi}^2$  entre la maison adaptée et une maison conventionnelle varie fortement, mais le surcoût entre celle-ci et l'offre de Dessins Drummond n'est que de 4 %. Une différence de cette échelle semble cadrer avec les marges acceptables du surcoût pour l'écoconstruction tel qu'évalué par des intervenants dans le domaine, soit typiquement entre 2 % et 5 % (R. Gauthier-Ouellet, 2017; Vallerand, 2017). En effet, selon M. Gauthier-Ouellet, un marché viable n'existe pas pour les produits dont les surcoûts dépassent cette marge (R. Gauthier-Ouellet, conversation, 11 octobre 2017). Il est donc fort prometteur que la maison adaptée de la maison ERE 132 se positionne dans cette marge de surcoût par rapport à des maisons conventionnelles semblables.



**Figure 5.5 Comparaison des coûts au  $\pi^2$  des différentes maisons à l'étude**

Comme le présente la figure 5.5, le coût en  $\$/\pi^2$  de la maison ERE 132 est comparable aux différentes options d'habitations du même type et même à l'offre conventionnelle. La maison LEED Or à Saint-Colomban a été mise de côté pour cette comparaison, car elle ne peut être utile pour mieux situer la maison adaptée. En effet, la maison LEED Or à Saint-Colomban est un projet d'autoconstruction et ne peut donc pas être comparée à des projets clé en main.

L'enjeu pour ERE 132 est que les objectifs à la base du projet requièrent des matériaux qui sont nécessairement plus coûteux que ceux utilisés dans l'industrie de la construction conventionnelle et plus bas de gamme. Comme discuté précédemment, la maison adaptée, quoi que plus épurée et moins détaillée que la maison ERE 132, est fabriquée avec des matériaux et des éléments naturels, sains, parfois créés sur mesure et selon un concept qui la positionne en haut de gamme, faisant inévitablement augmenter son prix par rapport à des habitations produites en plus grand volume avec des matériaux bas de gamme. Ceci fait en sorte que la maison adaptée n'est pas ou ne peut pas encore être une option d'habitation à faible coût dans le marché immobilier de masse comme le sont les maisons offertes par Pro-Fab. Plutôt, l'abordabilité de la maison adaptée d'ERE 132 réside dans le fait qu'elle importe des performances énergétiques et environnementales hors du commun à une gamme de coûts accessible, et est ainsi susceptible de rejoindre

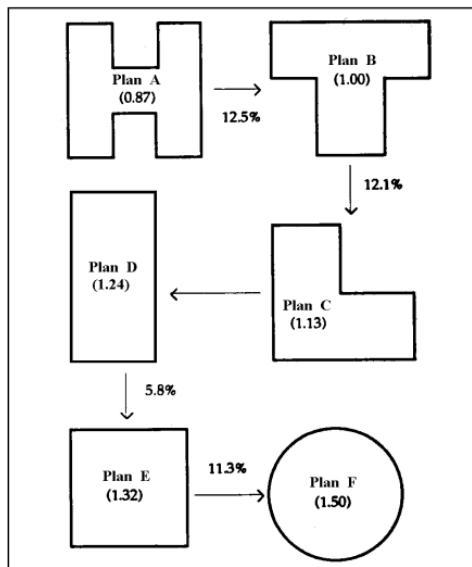
une plus grande portion du marché de masse. La différence de prix entre la maison adaptée et la maison ÉcoTerra illustre bien ce point (voir figure 5.5). Quoiqu'ayant des performances énergétiques et environnementales semblables, le projet ÉcoTerra incorpore des options complexes, engendrant un coût qui dépasse de loin la compétition étudiée dans ce travail.

Un autre aspect de la maison qui contribue de manière importante à son prix plus élevé est l'épaisseur accrue des murs pour faire place à une isolation plus performante. En effet, il est estimé que la charpenterie, les murs et l'isolation de la maison ERE 132, éléments conservés dans la maison adaptée, coûtent 92 300 \$. Ces mêmes éléments dans une maison conventionnelle équivalente coûtent environ 58 800 \$ (J.-M. Drapeau, courriel, 6 novembre 2017). Plus simplement, la quantité accrue de matériaux nécessaires à la construction par  $\text{pi}^2$  habitable engendre un coût par  $\text{pi}^2$  plus élevé que l'offre conventionnelle. Ceci étant dit, des surcoûts de cette nature s'appliquent à tout bâtiment avec une enveloppe plus performante. En effet, le surcoût associé à une isolation thermique pour l'atteinte d'une performance de niveau LEED Argent et Novoclimat sont estimés à un minimum de 10 500 \$ (Gauthier-Ouellet, 2014). Qui plus est, pour l'utilisation de matériaux et ressources écologiques, moins nocifs pour l'environnement, et par souci de la qualité de l'environnement intérieur, un surcoût de 2 377 \$ est à prévoir pour les mêmes seuils de performance (Gauthier-Ouellet, 2014). La maison ERE 132 est certifiée LEED Platine, le seuil le plus élevé de l'échelle de certification LEED, ce qui engendre nécessairement des coûts plus élevés. Les surcoûts augmentent de manière importante quand les performances désirées augmentent (R. Gauthier-Ouellet, conversation, 11 octobre 2017).

Aussi, le fait que la maison soit unique et pas complètement intégrée dans une stratégie de production de grand volume nuit à une maximisation de son abordabilité. Les éléments principalement concernés par cette problématique sont les pare-soleils et leurs supports en métal forgé faits sur-mesure ainsi que les escaliers, qui sont souvent des éléments demandant un grand travail de détail et un investissement important en main-d'œuvre (S. Rangaya, conversation, 31 octobre 2017).

Inversement, la maison ERE 132 et la maison adaptée proposent des stratégies de conception et de construction qui ont le potentiel de réduire le coût d'une écoconstruction. Ceci pour permettre à cette approche une intégration du marché de masse. En effet, la maison ERE 132 se distingue par la simplicité de son architecture, réduisant de manière considérable la main-d'œuvre et les coûts reliés à un travail de minutie. De plus, en simplifiant sa forme, la maison ERE 132 économise sur la quantité de matériaux nécessaires à sa construction. Comme présenté dans la figure 5.6, la forme du plan de la maison a une forte influence sur sa surface d'exposition au froid extérieur ainsi que sur le périmètre de la bâtisse et donc sur les matériaux requis pour sa construction. Il est reconnu qu'une construction circulaire, quoiqu'ayant

le meilleur ratio de superficie de plancher par rapport à la superficie des murs, est très dispendieuse à construire, la rendant peu intéressante (Friedman et Côté, 2003). De plus, « la forme carrée est difficile à aménager et maximise moins efficacement l'utilisation du sol que la forme rectangulaire » (Friedman et Côté, 2003). De ce fait, le rectangle est la forme de plan la plus efficace et la maison ERE 132 met à profit cette stratégie de construction.



**Figure 5.6 Incidence de la configuration du bâtiment sur le périmètre** (Tiré de Friedman et Côté, 2003)

D'autres éléments et stratégies employées par le projet ERE 132 participent à réduire le coût de la maison. Ceux-ci sont principalement la toiture en métal, le recouvrement extérieur de clin en bois peint et la finition de l'intérieur de la maison. Comme de fait, selon les sources consultées pour l'estimation du toit en métal, la présence de lucarnes et de noues, la pente et la géométrie du toit sont des éléments qui contribuent à faire augmenter le prix d'une toiture (Classic Products Roofing Systems, 2017). Pour la toiture de la maison ERE 132, tout est conçu pour maintenir le coût le plus bas possible. En ce qui concerne le clin de bois extérieur, les détails et la finition habituellement retrouvés sur les maisons contribuent de manière très significative au prix total du recouvrement, car les moulures représentent une part importante du prix de celui-ci (S. Rangaya, conversation, 31 octobre 2017). En simplifiant l'architecture de la structure et en réduisant la quantité de moulures et de cadres nécessaires, le coût est maintenu à un minimum. Aussi, l'intérieur de la maison est sobre et simple. Constituée de gypse peint avec des moulures en tremble, la maison adaptée n'incorpore pas de matériaux exotiques ou d'éléments complexes et détaillés dans son environnement intérieur. Finalement, la maison ERE 132 et sa maison adaptée usent de murs extérieurs préfabriqués. Selon les cas recensés, de plus en plus de projets en

écoconstruction semblent intégrer la préfabrication dans leur conception et construction. Ceci a le double avantage de diminuer les coûts de ces projets ainsi que de réduire le gaspillage et la perte de matériaux, ce qui aide dans la quête de points LEED (Écohabitation, 2012b).

Un autre aspect, très important pour le projet ERE 132 et central à la notion d'abordabilité sur le long terme, mais peu abordée dans le cadre de ce travail, est celui de la durée de vie des matériaux de construction. En effet, des matériaux initialement plus dispendieux peuvent avoir une durée de vie beaucoup plus importante que des options moins coûteuses. Ceci fait en sorte que l'utilisation de matériaux de plus grande qualité, ou simplement exploités de manière judicieuse en tenant compte de leurs propriétés, permet de prolonger la vie utile des matériaux et d'éviter leur remplacement et les coûts qui y sont associés (Kim, 1998). Des exemples propres à la maison adaptée de la maison ERE 132 sont, entre autres, la toiture en bardeaux d'aluminium, le recouvrement extérieur en clin de pin ainsi que les planchers en bois franc (P. Etcheverry, conversation, 12 décembre 2017). En effet, la toiture en aluminium de la maison, quoiqu'engendrant les coûts supplémentaires, a une durée de vie dépassant 50 ans versus une toiture en bardeau d'asphalte qui a une durée de vie maximale estimée à 20 ans (Classic Products Roofing Systems, s. d.). Donc, en préconisant une utilisation judicieuse de matériaux durables, la maison ERE 132 maximise son abordabilité dans le temps tout en veillant à avoir un coût initial accessible.

La combinaison de tous ces facteurs fait en sorte que la maison adaptée économise sur les éléments et sur les luxes qui ne sont pas directement liés aux objectifs de la maison ERE 132 et investit de manière plus importante dans les éléments directement reliés à ceux-ci, telles l'efficacité énergétique et la réduction de l'empreinte environnementale. Par contre, il est important de spécifier que ces stratégies de réduction de prix peuvent également être exploitées par une maison conventionnelle afin de réduire ses propres coûts. En effet, aucune stratégie de conception et de construction employée par le projet de la maison ERE 132 n'est hors de la portée d'une maison du marché de masse conventionnel. La construction sur dalle ainsi que la simplicité de la structure sont en effet intégrées dans la conception de plusieurs maisons afin d'en réduire le prix (J.-H. St-Pierre, conversation, 4 octobre 2017). Par conséquent, une maison telle que celles offertes par Pro-Fab de taille comparable à la maison ERE 132, mais incluant un sous-sol, bénéficie de la compétitivité accordée par le pouvoir d'achat élevé de la compagnie, bénéficie des économies associées à la construction modulaire en usine (employés payés 20 \$ par heure en usine versus 60 \$ par heure sur le chantier) ainsi que des stratégies de construction économes énumérées plus haut (J.-H. St-Pierre, conversation, 4 octobre 2017). La maison adaptée du modèle ERE 132 ne peut pas rivaliser avec une maison similaire conventionnelle strictement sur la mesure du coût par rapport au volume de la maison. Les prix de ces maisons diffèrent nécessairement dû aux performances écoénergétiques supérieures des

éléments constitutifs de la maison adaptée (dalle, murs, toit, fenêtres) et à l'utilisation de matériaux de plus grande qualité (bois massif, recouvrement de toiture en métal, etc.).

Le modèle d'habitation proposé par le projet ERE 132 devient une option réaliste et intéressante pour un consommateur qui est prêt, ou capable, de dépenser un peu plus que le coût moyen d'une habitation. Celui-ci est de 275 000 \$ au Québec (prix incluant le terrain) (Gouvernement du Québec, 2017b). Ensuite, ce consommateur est confronté au choix d'une maison plus ou moins performante en termes de consommation énergétique et d'impact environnemental. Si la priorité est le volume de la structure et/ou la conception stylisée de la maison, ce denier a beaucoup plus d'options et un rendement beaucoup plus intéressant pour son argent dans l'approche de construction conventionnelle. L'option de la maison ERE 132 devient compétitive pour le consommateur qui décide de prioriser la performance énergétique et la réduction de l'impact de son habitation sur l'environnement. En effet, le modèle ERE 132 réussit très bien à rendre accessibles ces performances à une échelle de prix comparable à la construction conventionnelle, mais demande un compromis sur les aspects de la taille et de la complexité architecturale de l'habitation. Cette distinction est importante, car la maison adaptée de la maison ERE 132 n'est pas hors de prix pour son marché cible, soit celui des deuxièmes acheteurs. Quoique coûtant un peu plus que la moyenne des maisons québécoises, la maison adaptée de la maison ERE 132 se trouve sous la barre de la moyenne nationale de 503 000 \$ (prix incluant le terrain) (Gouvernement du Québec, 2017b). Bien entendu, ceci dépend de son lieu de construction, car ceci influence très fortement le prix d'une maison.

Bref, ce qui ressort de cette analyse est que la maison adaptée du modèle d'habitation proposé par le projet ERE 132 est une option accessible et abordable dans le contexte des objectifs régissant sa conception. Ceci signifie que la maison présente un coût abordable pour son marché cible, mais requiert de ses consommateurs des choix et des concessions visant l'atteinte de ses objectifs de performance environnementale. En effet, la cuisine compacte ainsi que la faible quantité d'espace de rangement de la maison ERE 132 ont été identifiés comme des points nécessitant une adaptation et des changements d'habitudes. Il est donc critique de faire la distinction entre la notion d'abordabilité et l'incapacité ou le refus de s'ajuster à un modèle d'habitation différent. Comme de fait, ceci n'est pas différent pour les autres modèles d'habitation plus performants présentés dans la section précédente. Tous les modèles présentés ont une superficie habitable inférieure à la moyenne canadienne de 1 950 pi<sup>2</sup> (Wilson, s. d.). Donc, par rapport à la compétition directe, soit celle des maisons efficaces et compactes, l'offre du projet ERE 132 est intéressante et compétitive. Puis, par rapport à la compétition générale du marché de masse immobilier, le projet ERE 132 offre une alternative à un prix plus élevé, mais accessible permettant une haute performance environnementale et une diminution des coûts de fonctionnement et d'entretien de la maison durant sa vie utile.

### **5.3 Les problématiques et les limites actuelles de l'écoconstruction dans le marché de masse**

Les éléments qui peuvent nuire à une intégration de l'écoconstruction dans le marché de masse sont multiples. Cette section aborde ces difficultés, spécifiquement celles ayant un lien direct avec le projet ERE 132 et son intégration dans le marché immobilier à plus grande échelle. Les contraintes financières reliées à une plus grande intégration de l'écoconstruction dans le marché immobilier de masse ainsi qu'une diversité d'autres freins au développement de ce marché sont donc abordés.

#### **5.3.1 Les contraintes financières**

Dans une décision d'investissement immobilier, la notion financière est souvent la plus importante et l'écoconstruction n'échappe pas à cette tendance (Écohabitation, 2014). Cette section aborde le rôle des contraintes financières comme problématique limitant le développement plus important de l'écoconstruction dans le marché immobilier de masse.

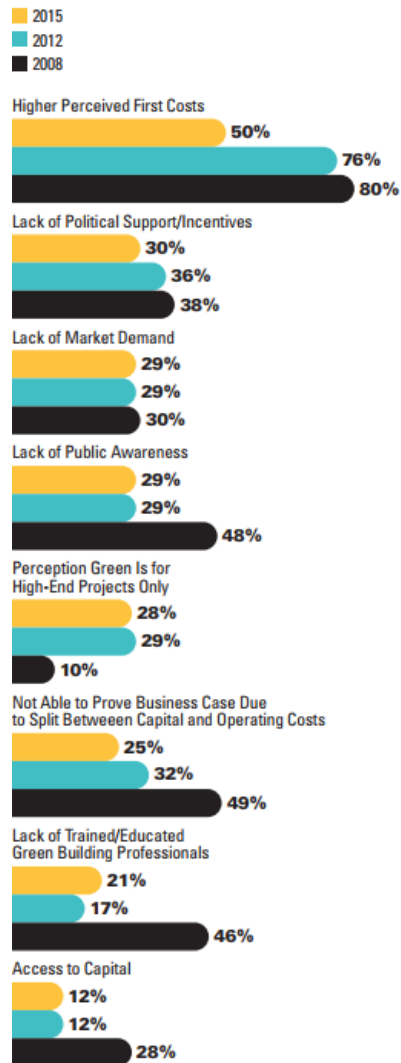
#### **Idées préconçues reliées à un surcoût pour l'écoconstruction**

Comme mentionné plus tôt dans ce travail, des idées préconçues par rapport aux surcoûts rattachés à l'écoconstruction continuent de nuire de manière importante à son développement. Principalement, le surcoût de la construction initiale est le facteur le plus dissuasif affligeant cette approche. Par contre, comme discuté dans la section précédente, il ne s'agit pas strictement de surcoûts, mais de choix d'investissements alternatifs. Certes, pour une maison similaire de même volume et de même complexité architecturale, l'augmentation de la performance énergétique et la réduction de l'empreinte environnementale risquent très fortement d'entraîner des surcoûts immédiats; ceux-ci sont quasi-inévitables lorsque certaines performances sont souhaitées (R. Gauthier-Ouellet, conversation, 11 octobre 2017). Cela dit, le projet d'habitation ERE 132 démontre qu'une performance environnementale très élevée est possible dans une gamme de prix accessible. En effet, une certification LEED Platine est accessible à un prix qui ne dépasse pas beaucoup le coût moyen d'une habitation au Québec et permet des économies à plus long terme.

Une étude internationale effectuée par Dodge Data and Analytics en 2016 démontre que la notion d'investissement initial plus élevé est le facteur limitant principal à travers le monde (Dodge Data and Analytics, 2016). L'étude menée par Écohabitation (2014) citée plus tôt trouve aussi des résultats semblables. Comme démontré dans la figure 5.7, la perception de ce facteur comme étant le plus important a diminué de 26 points de pourcentage depuis 2008, mais demeure de loin le plus important (Dodge Data and Analytics, 2016).

### Challenges to Increasing Green Building Activity (by Year)

Dodge Data & Analytics, 2016



**Figure 5.7 Les principaux défis pour augmenter l'activité de l'écoconstruction** (tiré de Dodge Data and Analytics, 2016)

Comme le soulève M. Gauthier-Ouellet, les consommateurs sont très sensibles aux surcoûts, ce qui peut expliquer la prépondérance de ce facteur dissuasif. Celui-ci estime que tout surcoût pour des gains de performance environnementale excédant 10 % par rapport au prix du conventionnel n'est tout simplement pas accepté par la grande majorité des consommateurs et ne peut pas faire partie d'un projet immobilier bien réfléchi et voué au succès dans le marché de masse actuel (R. Gauthier-Ouellet, conversation, 11 octobre 2017).



Il est généralement accepté que l'abordabilité de l'écoconstruction ne peut échapper à la prise en compte des économies sur le cycle de vie du bâtiment. En effet, pour un investissement initial de seulement 2 % du coût total, il est estimé que des retours de l'ordre de 20 % sont perçus au cours de la vie de l'immeuble (Kats, 2003). Peut être que plus de données et d'information sur les gains en qualité de l'habitation et quant au retour sur investissement procuré par l'écoconstruction, pourraient souligner leur importance et faciliter l'acceptation des surcoûts. Donc, l'exercice de comparer l'investissement initial entre une écoconstruction et un immeuble conventionnel est intéressant, car comme le démontre la présentation des divers modèles dans la section précédente, les coûts se rapprochent de plus en plus. Par contre, la réalité est que c'est encore la promesse d'économies futures qui supportent la rentabilité de l'écoconstruction pour les consommateurs (Kats, 2003).

### **La difficulté d'établir précisément un surcoût relié à l'écoconstruction**

La problématique des facteurs économiques dissuasifs est exacerbée par le fait qu'il peut être très difficile de déterminer précisément les coûts supplémentaires impliqués par une approche d'écoconstruction. Un rapport fait pour le California's Sustainable Building Task Force en 2003 expose très bien la situation (Kats, 2003). Dans ce rapport, on explique qu'il y a peu de données sur les surplus d'investissement monétaire requis pour atteindre des seuils de performance d'écoconstruction. Ceci est partiellement dû au fait que l'USGBC ne demande pas que l'information financière soit soumise avec des demandes de certification LEED. De ce fait, les promoteurs gardent souvent confidentielles les données financières relatives à leurs produits et leurs pratiques en écoconstruction. Donc, déterminer de manière précise le surplus d'investissement monétaire nécessaire est difficile pour quatre raisons. Premièrement, les promoteurs et les constructeurs ne dévoilent que le prix d'un bâtiment déjà conçu et pas celui d'une variété d'autres options, rendant difficiles les comparaisons directes entre les produits. Deuxièmement, une partie des bâtiments verts existants aujourd'hui sont, comme c'est le cas pour le projet ERE 132, des vitrines et des prototypes. Ceux-ci font varier de manière peu représentative le réel surcoût de l'écoconstruction pour des consommateurs privés. Troisièmement, la conception et la construction des premières tentatives d'écoconstruction d'un client ou d'un architecte sont souvent accompagnées par des surcoûts reliés à l'apprentissage. Finalement, la relative nouveauté des technologies et pratiques d'écoconstruction fait en sorte que les concepteurs risquent de ne pas en faire une exploitation ni une utilisation optimale, faussant les réels gains énergétiques et économiques possibles. (Kats, 2003)

D'un autre angle, le surcoût que subirait un bâtiment conventionnel pour en faire une écoconstruction n'est pas bien connu. L'inverse est aussi vrai. Peu ou pas de données existent sur les économies monétaires faites sur l'investissement initial d'une écoconstruction qui est rétrogradée vers un bâtiment conventionnel. Dans l'optique de cerner le surcoût exact de l'intégration de pratiques d'écoconstruction

dans la conception d'une structure, des données financières des deux scénarios (conventionnel et écoconstruction) doivent être comparées pour la même bâtisse. Donc, des comparaisons de différentes constructions dans différents lieux, régies par différentes réalités peuvent difficilement mener à une estimation précise des surcoûts liés à l'écoconstruction. (Kats, 2003)

### **5.3.2 Les autres freins au développement de l'offre de l'écoconstruction**

Les facteurs créant une résistance à une adoption plus généralisée de l'écoconstruction dans le marché immobilier sont multiples et très diversifiés, comme le présente l'étude de Dodge Data and Analytics (2016). Il est important de préciser que ceux-ci sont des facteurs dissuasifs perçus par la population sondée. La figure 5.7 en présente une variété qui peut être abordée dans le contexte du projet ERE 132.

En ce qui concerne le manque de support politique et d'incitatifs, ce phénomène a été plus présent dans les pays en développement (Dodge Data and Analytics, 2016). En effet, au Québec, de multiples subventions sont accessibles pour une maison comme ERE 132 (ERE 132, 2017a). De plus, comme mentionnée au début de ce travail, l'écoconstruction est bien adoptée par les secteurs institutionnels et gouvernementaux à travers l'Amérique du Nord. Les avantages et retombées économiques et sur la santé, sont reconnus et intégrés dans la conception et la construction de plusieurs bâtiments (Bentall Kennedy, 2017; Cassidy, 2003). Il est donc clair que les avantages de l'écoconstruction sont bien acceptés et appréciés dans les pays développés. L'enjeu de l'écoconstruction dans les pays en voie de développement est une autre problématique qui n'est pas abordée dans ce travail.

En ce qui concerne le facteur du manque de demande dans le marché, celui-ci semble, en surface, être étroitement lié à la perception d'un surcoût initial à l'achat. Par contre, il est aussi lié à une dynamique freinant le développement de l'offre et de la demande. Cette dynamique est expliquée plus bas. La popularité de la maison ERE 132 et l'intérêt que les visiteurs ont pour l'approche suggèrent qu'il y a un fort potentiel pour ce type de construction. Le passage de près de 50 000 visiteurs en trois ans n'est pas négligeable (P. Etcheverry, conversation, 12 septembre 2017). Il est donc fort probable qu'une demande d'un ordre de grandeur similaire à l'intérêt manifesté soit là, mais cette demande est limitée par la barrière d'une perception d'un surcoût important ainsi que par les multiples autres facteurs dissuasifs perçus par les consommateurs tels qu'identifiés dans les études d'Écohabitation (2014) ainsi que de Dodge Data and Analytics (2016).

Ensuite, le manque de conscientisation du public est un autre facteur dissuadant. Bien que, selon l'étude, ce facteur ait vu une importante baisse depuis 2008, il demeure substantiel, principalement pour les pays en développement (Dodge Data and Analytics, 2016). Des projets comme ERE 132 sont donc d'une importance cruciale dans la diminution de l'influence de ce facteur. En effet, la maison ERE 132 joue bien

son rôle de vitrine avec plus de 15 000 visiteurs par année depuis trois ans (P. Etcheverry, conversation, 12 septembre 2017). Un autre facteur dissuasif est la perception de l'écoconstruction comme un courant haut de gamme pour des produits de luxe (Dodge Data and Analytics, 2016). Intrinsèquement relié à la notion de prix et de surcoût, ce facteur est ce qui est attaqué dans ce travail. Cette problématique est accentuée par l'offre abondante de projets d'écoconstruction dispendieux. L'exemple de la maison ÉcoTerra à 350 000 \$ avec ses murs modulables est très intéressant, mais ce projet perpétue cette perception de niche haut de gamme. Un autre exemple problématique est l'offre en écoconstruction de Dessins Drummond, une compagnie importante en construction résidentielle au Québec. Le seul modèle étant défini comme étant une écoconstruction offert par la compagnie est une maison ultra moderne de 2 960 pi<sup>2</sup> à un prix débutant à 425 000 \$ (Dessins Drummond, s. d.c). Non seulement ceci est décourageant pour le consommateur souhaitant se lancer dans un projet d'écoconstruction, mais cela contribue à perpétuer une faible demande en écoconstruction.

### **La protection de l'avantage concurrentiel des entreprises d'écoconstruction**

Étant donné la prépondérance des facteurs économiques dissuasifs en lien avec l'écoconstruction, il n'est pas surprenant qu'apporter une réponse à la problématique de l'abordabilité pour l'écoconstruction constitue un avantage concurrentiel important pour les différentes compagnies dans le domaine. De plus, les entreprises en écoconstruction abondent et l'offre en écoconstruction est actuellement en forte croissance (Vallerand, 2017). Les compagnies tentent toutes de faire la promotion de leur approche comme la plus performante, compétitive ou comme la voie à suivre en l'écoconstruction. De ce fait, certains sont réticents à collaborer et à partager leurs connaissances. Ceci nuit au développement des connaissances sur le sujet, qui permettrait potentiellement de rendre plus économiques les différentes techniques, technologies et pratiques d'écoconstruction.

Par exemple, au cours de ce projet, une entreprise d'écoconstruction locale s'est abstenue de discuter et de collaborer sur ce projet pour cette raison. Ceux-ci estiment que le questionnaire effectué afin de mieux répondre à la demande d'habitations à la fois écologiques et compétitives fait partie de leur expertise chèrement acquise et ils ne sont pas ouverts à partager leurs connaissances.

Cependant, plusieurs parties prenantes du domaine de l'immobilier et de l'écoconstruction ont partagé leurs réflexions et ont pris quelques minutes pour faire des commentaires dans le cadre de ce travail.

### **Des obstacles en lien avec l'offre et la demande d'écoconstruction**

Tout au long de cet essai, j'ai discuté du projet de la maison ERE 132 avec des collègues, des amis et de la famille. Un point qui ressortait souvent de ces discussions est la problématique reliée au manque d'espace,

réduisant l'attrait envers ce type d'habitation. En effet, l'absence d'un sous-sol et d'espace d'entreposage semble être un facteur dissuasif de taille pour ce modèle d'habitation. Cet obstacle cadre avec les résultats d'une enquête faite par l'Association Provinciale des Constructeurs d'Habitations du Québec (APCHQ) et la firme de recherche Ad hoc en 2013. Cette enquête démontre que, pour la majorité des acheteurs potentiels d'une habitation, la superficie habitable occupe la troisième place en termes d'importance dans la décision d'achat, après le prix de la maison et l'isolation de la structure (APCHQ et Ad hoc, 2013). L'aire de la cuisine et la taille des électroménagers sont aussi un point de résistance soulevé lors de discussions sur le projet. Ces inquiétudes sont similaires aux points soulevés par M. St-Pierre de Pro-Fab. Comme discuté plus tôt dans cet essai, celui-ci identifie les garde-robes volumineux et une certaine disposition de cuisine comme étant des éléments, parmi d'autres, de grande importance dans le choix d'un modèle de maison (J.-H. St-Pierre, conversation, 4 octobre 2017).

En contrepartie, la diminution de la superficie des habitations est un moyen en hausse de popularité pour réduire le coût d'accession à la propriété selon l'étude de Cox et He (2016). Entre autres facteurs, la forte hausse des prix des habitations relative à l'inflation au pays fait en sorte que les logements de plus petite superficie deviennent une option non seulement populaire, mais nécessaire pour plusieurs (Cox et He, 2016). Ce phénomène est bien illustré par le seuil mental maximal de 200 000 \$ mentionné par M. St-Pierre. Celui-ci est statique, mais la croissance des coûts des matériaux et des autres coûts de constructions contraints à des concessions majeures de qualité ou de volume de la maison. Donc, il est probable que des concessions sur la superficie habitable ne soient pas seulement réservées à l'écoconstruction, mais deviennent monnaie courante dans le marché conventionnel dans les prochaines années.

En ce qui concerne l'offre en écoconstruction, une des raisons pour lesquelles elle est limitée à une faible partie du marché de l'habitation est la réticence des entrepreneurs et des compagnies de construction au changement de leurs habitudes. Cette problématique a plusieurs facettes. Les contrôles de qualité pour l'obtention de diverses certifications dans le domaine ainsi que les changements à apporter aux méthodes de travail des entrepreneurs et des compagnies de construction peuvent être perçus comme des contraintes importantes (Breton, 2013). Une adaptation ou une restructuration de leur approche de conception et de construction a le potentiel d'engendrer des problématiques de rentabilité importantes, pouvant miner les profits pendant une période de temps non négligeable. Malgré une offre d'écoconstruction en forte hausse, sa place dans le parc résidentiel québécois demeure limitée (Écohabitation, 2014; Vallerand, 2017). Cette situation crée une dynamique où l'offre limitée ne permet pas au consommateur d'être pleinement conscient des produits et de l'offre en écoconstruction, perpétuant une faible demande. Les entrepreneurs et les compagnies de constructions ne changent que très peu leurs façons de faire, car il y a trop d'incertitudes à gérer; ils limitent leur offre et le justifient en faisant valoir une trop faible demande

exhibée par les consommateurs. Cette situation crée donc un cercle vicieux qui ralentit le développement de l'écoconstruction, la réduction de ses coûts et son impact sur le marché résidentiel. En somme, le développement de l'offre de l'écoconstruction demande une ouverture de la part des entrepreneurs et des promoteurs immobiliers, qui n'est pas toujours présente (Breton, 2013). (P. Etcheverry, conversation, 12 décembre 2017)

## **6. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS**

Le projet ERE 132 est vaste, multidisciplinaire et ouvre la porte à un grand nombre de réflexions sur le développement de l'écoconstruction et à une transformation du domaine de la construction résidentielle. Ce travail a permis d'approfondir les connaissances sur le projet d'écoconstruction d'ERE 132 et de fournir des bases pour des recommandations dans l'optique d'une éventuelle pénétration du marché immobilier de masse. Ce chapitre explore donc les obstacles identifiés au cours de cet essai, les problématiques qui sont propres au projet ainsi que des aspects intéressants qui méritent une évaluation plus approfondie. Ces derniers sont accompagnés de brèves recommandations sur la continuité du projet ERE 132.

### **6.1 Participation des parties prenantes et impact de l'évaluation des coûts**

Ce travail a nécessité une connaissance approfondie du projet, de ses détails, de ses objectifs, de ses parties prenantes ainsi que du domaine de l'écoconstruction. Bien qu'un volume important de documentation ait été fourni par l'équipe du projet, des détails critiques tels les quantités de matériaux ainsi que certaines dimensions sont demeurés manquants. Ceci n'aurait pas nécessairement été problématique en soi si les parties prenantes impliquées dans la conception et la construction de la maison étaient disponibles pour fournir l'information ou des estimations précises. Par contre, pour une multitude de raisons, certaines d'entre elles n'ont pas pu contribuer à cet essai, minant un peu la précision de l'évaluation des coûts. En effet, la différence de précision entre l'analyse du présent essai et celle faite par le Gouvernement du Québec (2005) sur la maison de référence Novoclimat semble substantielle. Cette dernière inclut des quantités exactes d'une grande variété de matériaux, accompagnées du nombre d'heures exact de main-d'œuvre pour chaque élément. Cela dit, selon les parties prenantes du projet ERE 132, il est fort probable que la présente évaluation ne possède qu'une faible marge d'erreur ne dépassant pas le seuil de 5 % identifié dans le tableau 4.11.

Il est de mon opinion que le projet de la maison ERE 132 pourrait bénéficier d'un exercice de comparaison aussi détaillé que celle faite par le Gouvernement du Québec en 2005. Par contre, une analyse de ce type demande une grande collaboration de toutes les parties prenantes ainsi que de bonnes connaissances du domaine de la construction résidentielle. La précision et la pertinence de cette évaluation des coûts peuvent être bonifiées si cela est souhaité par les responsables du projet ERE 132. Il est fort probable que l'architecte responsable du projet ainsi que le chargé de projet s'occupant de la construction et de la gestion du chantier de la maison ERE 132 puissent contribuer de manière positive à cette analyse.

## **6.2 Adaptabilité de l'approche ERE 132 dans une diversification du marché cible**

Le projet de l'habitation ERE 132 est fondé sur les particularités de son environnement. Comme de fait, la maison est majoritairement fabriquée de bois et d'autres ressources locales, et est conçue pour combler les besoins de la communauté dans laquelle la maison est implantée, celle du Bas-Saint-Laurent dans ce cas-ci. Comme discuté plus tôt dans cet essai, ceci est une des forces du projet et est une approche de construction résidentielle très intéressante. Ceci étant dit, ce modèle d'habitation n'est certainement pas aussi applicable partout, à travers l'ensemble du continent nord-américain. Par exemple, selon un expert en écoconstruction, l'approche de construction sur dalle n'est pas applicable à tous les topographies et types de sols (R. Gauthier-Ouellet, conversation, 11 octobre 2017). De plus, la forte isolation et étanchéité de la structure, le recouvrement en pin, les angles du toit, l'intégration du solaire passif ou la hauteur de la maison pourraient être des éléments dissuasifs dans différents contextes climatiques. Ceci ouvre la porte à une discussion sur le besoin de développer une approche basée sur les fondements et les valeurs du projet ERE 132 plutôt que de se limiter à un modèle de maison unifamiliale rigide et de faible adaptabilité.

Une étude d'adaptabilité du projet ERE 132 pourrait potentiellement être un sujet d'essai à explorer et pourrait être très bénéfique pour l'intégration du projet ERE 132 au marché de masse. Une des forces de ce projet est de rendre accessible des performances environnementales habituellement réservées à une gamme de prix plus élevée, et cette réalisation n'a pas besoin d'être exclusive à une maison unifamiliale. Des adaptations de ce projet à des réalités urbaines, rurales, de banlieue et même pour différents climats et particularités environnementales pourraient rendre plus accessible ou plus attirant ce modèle d'écoconstruction pour une plus grande proportion des consommateurs potentiels.

## **6.3 Intégration d'une approche de production de volume du concept ERE 132**

La quasi-totalité des approches d'écoconstruction abordées dans ce projet, incluant celui d'ERE 132, intègre, à différents niveaux, la préfabrication dans leur conception, principalement dans l'optique de réduire les coûts de construction. De plus, cette approche de construction permet un contrôle accru de l'optimisation de l'utilisation des matériaux de construction et la réduction des déchets (Écohabitation, 2012b). De plus, comme constaté plus tôt dans cet essai, l'offre de Pro-Fab est extrêmement compétitive, malgré les matériaux bas de gamme utilisés. L'abordabilité de leurs produits est en grande partie due à leur important pouvoir d'achat grâce aux grands volumes de matériaux que la compagnie consomme et à la préfabrication modulaire en usine (J.-H. St-Pierre, conversation, 4 octobre 2017).

Avec ceci en tête, le développement d'une approche de volume reverrait à la baisse le coût de la maison adaptée de la maison ERE 132, fortement influencé par l'unicité de la structure et les aspects sur-mesure de celle-ci. Donc, dans l'optique d'une pénétration du marché immobilier de masse et d'une offre

d'écoconstruction abordable, des plans spécifiques à la maison adaptée produite en volume et en adoptant des méthodes d'optimisation du processus pourraient être élaborés. En plus de préciser les quantités de matériaux nécessaires et donc de permettre une estimation plus juste du prix de la maison, ceci permettrait de collaborer avec différentes compagnies de construction pour développer une offre bénéficiant d'un marché de volume ainsi que de pratiques de production à grande échelle. L'approche utilisée par Pro-Fab est de préfabriquer des modules qui sont assemblés et finis sur le chantier. Ceci est intéressant, car une grande partie du travail est faite en usine avec tous les avantages que cela comporte.

La valeur du projet ERE 132, au-delà de son important rôle de vitrine, réside dans sa simplicité de conception, son efficacité énergétique et la qualité de son environnement intérieur tout en demeurant le plus abordable possible. Comme nul n'est contre la vertu, rendre plus accessibles ces qualités met le développement de cette approche de construction sur la bonne voie.



## CONCLUSION

Malgré les multiples pressions qui sont exercées sur notre environnement et sur notre société, combler nos besoins de base continue de se faire de manière effrénée et non durable. Nos habitations ne sont pas une exception à cette tendance et, combinées à l'industrie de la construction, elles sont responsables d'une part importante de diverses pollutions et des GES émis dans l'atmosphère. Pour freiner les impacts qu'a le secteur de l'habitation sur nos écosystèmes et nos collectivités, l'écoconstruction, de par ses multiples interprétations et approches, est un pas dans la bonne direction. Ceci étant dit, une variété de facteurs dissuasifs font en sorte que cette approche de construction est encore restreinte à un marché de niche et n'a pas encore une influence importante sur le marché de masse de la construction et de l'habitation. Surmonter ces divers freins est donc un enjeu de taille pour l'écoconstruction et le projet ERE 132 se veut une approche abordable et accessible, permettant d'importer des performances environnementales auparavant réservées uniquement à des prototypes de maisons écologiques haut de gamme vers un marché d'habitation plus abordable.

Ce travail avait comme objectif général de déterminer l'abordabilité du modèle d'habitation proposé par le projet ERE 132 ainsi que son potentiel d'influence sur le marché immobilier canadien. Cet objectif a été atteint l'aide de trois objectifs spécifiques. Le premier de ceux-ci, soit de caractériser les marchés de l'immobilier de masse et celui de l'écoconstruction, permet de mettre la table pour les analyses subséquentes ainsi que de cerner la position actuelle de l'écoconstruction dans le paysage du domaine immobilier. Ce qui ressort de ce travail est que l'écoconstruction demeure une niche dans le marché immobilier au Québec ainsi qu'au Canada, mais suscite un intérêt substantiel chez les consommateurs. De plus, il est démontré que les freins à son développement voient leur influence diminuer plus il y a d'innovations et d'avancées dans le domaine, mais demeurent des obstacles de taille dans le développement de ce secteur. Finalement, le contexte socioéconomique actuel est identifié comme étant propice et prête pour une transformation du modèle de l'habitation. Le projet ERE 132 offre une option adaptée à cette réalité tout en abordant les principales problématiques actuellement liées au secteur de l'habitation.

Le deuxième objectif spécifique, celui d'évaluer le coût de la maison adaptée du projet ERE 132, a permis d'estimer le coût d'une maison de ce type pour le consommateur privé. Dans cette partie du travail, chaque groupe d'éléments composant la maison adaptée est analysé et le coût de chacun de ces groupes est déterminé à partir de discussions avec des experts dans le domaine, d'études, d'articles et d'informations de compagnies spécialisées. À la suite de cette analyse, une compilation des différents coûts de chaque groupe est faite pour obtenir un coût final de construction pour la maison adaptée. Pour une telle maison clé en main, le coût de construction obtenu est de 278 439 \$.

Le troisième objectif vise à positionner la maison adaptée et son coût nouvellement estimé dans le marché immobilier de masse et de l'écoconstruction et à identifier son potentiel d'influence sur celui-ci. Le coût relativement accessible de la maison adaptée fait en sorte que celle-ci est très compétitive par rapport à d'autres maisons performantes et à l'offre plus haut de gamme de l'approche conventionnelle. En effet, la maison adaptée n'est pas et ne vise pas être l'option d'habitation ayant le prix initial le plus bas, mais se veut une option réaliste pour des acheteurs rendus à l'achat de leur deuxième maison, qui ont un budget un peu plus élevé que la moyenne, et qui recherchent un produit haut de gamme et très performant du point de vue écologique. Le modèle d'habitation proposé est donc un compromis vers un développement plus durable de ce secteur, alliant qualité, durabilité et performance environnementale qui saura répondre aux besoins changeants de la population actuelle. En plus de fournir un avantage concurrentiel, l'approche d'ERE 132 réduit les coûts à long terme de l'habitation, réduit l'impact environnemental de la structure et dynamise l'économie locale. Fondamentalement, la maison adaptée demande de la part de ses consommateurs une priorisation des performances énergétiques, de la qualité des matériaux et de l'environnement intérieur sur l'espace habitable total et sur les éléments esthétiques non essentiels et architecturalement complexes de la maison. Selon les données recueillies sur le marché de masse, une tendance vers la priorisation de ces éléments est en hausse pour une partie des consommateurs. Il semble qu'une prise en compte de ces éléments soit de plus en plus réaliste pour le marché immobilier de masse. De plus, le projet ERE 132 est bien positionné pour exercer une influence sur le marché immobilier de par son association avec le Créneau d'Excellence en Écoconstruction.

Des recommandations sont faites dans l'optique de mener plus loin le projet dans sa quête d'influence sur le marché immobilier. La première porte sur une plus grande précision de l'évaluation des coûts de la maison ainsi que sur une participation plus active de ses parties prenantes dans cette démarche. Dans l'optique de fournir un prix plus précis et d'appuyer la crédibilité de cette évaluation sur plus d'expertise, les ingénieurs, architectes et entrepreneurs pourraient revoir les données de cette évaluation des coûts. La deuxième recommandation est d'explorer l'adaptabilité du modèle ERE 132 pour une variété de contextes tels les milieux urbains, les multilogements, les jumelés, etc. Le concept proposé par ERE 132 est fort intéressant et a le potentiel d'influencer les habitations au-delà de la maison unifamiliale. Finalement, la troisième recommandation est d'explorer le potentiel d'intégration plus marquée de pratiques de préfabrication et de production en volume pour le modèle d'habitation adapté d'ERE 132. Un des aspects qui contribue à faire hausser le prix de la maison adaptée est l'unicité de certains éléments et des techniques de construction. Ceci pourrait être évité ou diminué en misant sur des approches de production en volume avec des parties prenantes ayant un plus grand pouvoir d'achat.

En somme, le projet ERE 132 et la maison adaptée de ce modèle d'écoconstruction représentent un bon pas vers la démocratisation de ce courant de construction, le rapprochant un peu plus du marché de masse de l'habitation. ERE 132 rend accessible des bonnes performances environnementales, mais surtout indispensables à un développement plus durable de notre société. Bien sûr, des compromis et des adaptations de la part des consommateurs sont nécessaires pour que ces derniers soient plus ouverts à ce type d'habitation. Avec ceci, le choix de l'approche ERE 132 peut être compétitif dans le marché conventionnel, mais il n'en demeure pas moins que ce projet participe à attaquer les idées préconçues qui freinent le développement de l'écoconstruction. Le futur semble prometteur avec une abordabilité de l'écoconstruction toujours croissante et un engouement de plus en plus tangible pour cette approche de construction. Cela dit, il reste à voir si les consommateurs, les décideurs et les promoteurs prennent pleinement conscience des multiples bienfaits de l'écoconstruction et travaillent ensemble pour transformer le paysage immobilier moderne vers la durabilité.

## LISTE DES RÉFÉRENCES

- 24h Plans. (2016). How much does it cost to build a new house : Itemized construction costs 2017. Repéré à <https://www.24hplans.com/how-much-does-it-cost-build-new-house/>
- Association Provinciale des Constructeurs d'Habitations du Québec Inc. (APCHQ) et Ad hoc. (2013). Enquête sur les caractéristiques des acheteurs de maisons neuves. Repéré à <https://www.apchq.com/centre-de-presse/communiqués-de-l-apchq/archives-2014/enquete-2014-de-l-apchq-sur-les-acheteurs-de-maisons-neuves-le-niveau-de-satisfaction-atteint-96>
- ASHRAE. (2016). The Standards For Ventilation And Indoor Air Quality. Repéré à <https://www.ashrae.org/resources--publications/bookstore/standards-62-1--62-2>
- Association of Green Property Owners and Managers (AGPOM). (s. d.). History of green buildings. AGPOM. Section Green resources. Repéré à <http://www.agpom.org/greenpropertyresources/green-resources/history-green-buildings/>
- Aubry, B. (2013). *Vers une construction verte*. Repéré à [https://www.csnconstruction.qc.ca/sites/www.csnconstruction.qc.ca/files/le%20bâtitisseur%20mai\\_2013\\_F\\_web.pdf](https://www.csnconstruction.qc.ca/sites/www.csnconstruction.qc.ca/files/le%20bâtitisseur%20mai_2013_F_web.pdf)
- Ballingall, A. (2017, 19 août). U.S. signals Trump's Buy American agenda is non-negotiable in NAFTA talks. *The Star*. Repéré à <https://www.thestar.com/news/canada/2017/08/19/us-signals-trumps-buy-american-agenda-non-negotiable-in-nafta-talks.html>
- Banque du Canada. (s. d.). Feuille de calcul de l'inflation. Repéré à <https://www.banqueducanada.ca/taux/renseignements-complémentaires/feuille-de-calcul-de-l'inflation/>
- Bentall Kennedy. (2017). *2017 Sustainability Report Summary*. Repéré à <http://cr.bentallkennedy.com/Assets/Documents/2017%20downloads/2017%20Sustainability%20Report%20Summary%20-%20FINAL.pdf>
- Béton Prestige. (2015). FAQ: Est-ce que les planchers de béton sont faits pour vous ? Repéré à <http://www.betonprestige.com/faq.htm>
- Bonneau, D. (2016, 4 novembre). Coup de pouce à Novoclimat 2.0. *La Presse*. Repéré à <http://www.lapresse.ca/maison/immobilier/conseils/201611/04/01-5037742-coup-de-pouce-a-novoclimat-20.php>
- Breton, A. (2013). *Quelles sont les contraintes qui limitent la construction de maisons passives ?* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec. Repéré à [https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais\\_2013/Breton\\_A\\_\\_2013-05-09\\_.pdf](https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2013/Breton_A__2013-05-09_.pdf)
- Banque de Développement du Canada (BDC). (2016). Cinq nouvelles tendances de consommation qui changent la donne. Repéré à [https://www.bdc.ca/FR/Documents/analyses\\_recherche/Consumer\\_Trends\\_Report\\_FR.pdf?ref=shorturl-consommateurs](https://www.bdc.ca/FR/Documents/analyses_recherche/Consumer_Trends_Report_FR.pdf?ref=shorturl-consommateurs)
- Canac. (2016a). Colle à céramique Pro Mastic 2000 13,25L. Repéré à [http://www.canac.ca/fr/product/couvre-plancher/colles-coulis/colles-ciments-colles/colle-a-ceramique-pro-mastic-2000-br-1325-l\\_21596.aspx](http://www.canac.ca/fr/product/couvre-plancher/colles-coulis/colles-ciments-colles/colle-a-ceramique-pro-mastic-2000-br-1325-l_21596.aspx)

- Canac. (2016b). Panneau de gypse régulier léger ½ po. Repéré à [http://www.canac.ca/fr/product/materiaux/contreplaques-panneaux/gypse-et-moulures/panneau-de-gypse-regulier-br-leger-12-po-br-\\_29732.aspx](http://www.canac.ca/fr/product/materiaux/contreplaques-panneaux/gypse-et-moulures/panneau-de-gypse-regulier-br-leger-12-po-br-_29732.aspx)
- Cassidy, R. (2003). *Building Design and Construction, White Paper on Sustainability*. Repéré à <https://archive.epa.gov/greenbuilding/web/pdf/bdcwhitepaperr2.pdf>
- Centris. (2015). Province de Québec. Repéré à <https://www.centris.ca/fr/outils/profil-de-la-population>
- Clark Milito, A., Gagnon, G. (2015). Greenhouse gas emissions—a focus on Canadian households. Repéré à <http://www.statcan.gc.ca/pub/16-002-x/2008004/article/10749-eng.htm>
- Classic Products Roofing Systems. (2017). Metal Roofing Prices 2017. Repéré à <https://canadianmetalroofing.ca/metal-roofing-prices/>
- Classic Products Roofing Systems. (s. d.). Why Aluminum Roofing ? Repéré à <https://canadianmetalroofing.ca/why-aluminum-roofing/>
- Clay, L. (2015). Apples to Apples – The Myth of Construction Cost per Square Foot. Repéré à <http://clayconstruction.ca/apples-apples-myth-construction-cost-per-square-foot/>
- Canadian Labour Congress. (2015). Green Homes – real Alternatives for a Green Economy. Repéré à <http://canadianlabour.ca/issues-research/green-homes-%E2%80%93-real-alternatives-green-economy>
- Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCa). (2009). *LEED Canada pour les habitations 2009*. Repéré à [http://www.cagbc.org/cagbcdocs/LEED%20Canada%20for%20Homes%20French\\_JM\\_005.pdf](http://www.cagbc.org/cagbcdocs/LEED%20Canada%20for%20Homes%20French_JM_005.pdf)
- Cordial. (2017). Définition de abordabilité. Repéré à <https://www.cordial.fr/dictionnaire/definition/abordabilit%C3%A9.php>
- Cox, W., He, A. (2016). *Canada's middle-income housing affordability crisis*. Repéré à <https://fcpp.org/wp-content/uploads/2016/06/Cox-He-Middle-Income-Housing-Crisis.pdf>
- Canadian Pension Plan Investment Board (CPPIB). (2016). *2016 Report on sustainable investing*. Repéré à [http://www.cppib.com/documents/1672/Sustainable\\_Investing\\_2016\\_zryJ5Eg.pdf](http://www.cppib.com/documents/1672/Sustainable_Investing_2016_zryJ5Eg.pdf)
- Créneau Écoconstruction. (2017). Qu'est-ce que l'écoconstruction ? Repéré à <http://creneau-ecoconstruction.com/quest-ce-que-lecoconstruction.php>
- DePratto, B. (2015). *The Market Benefits of Green Condos in Toronto*. Repéré à <http://www.ecohabitation.com/sites/www.ecohabitation.com/files/page/greencondos.pdf>
- Dessins Drummond. (s. d.a). À propos de Dessins Drummond. Repéré à <http://www.dessinsdrummond.com/centre-de-renseignements.html>
- Dessins Drummond. (s. d.b). Nos plans de maisons. Repéré à <http://www.dessinsdrummond.com/recherche-plan-de-maison.html>
- Dessins Drummond. (s. d.c). PLAN W3950 – Nobilis. Repéré à <http://www.dessinsdrummond.com/detail-plan-de-maison/info/nobilis-contemporain-zen-1002822.html>

- Dodge data and analytics. (2016). World Green Building Trends 2016, Developing Markets Accelerate Global Green Growth. Repéré à <http://www.worldgbc.org/news-media/world-green-building-trends-2016>
- Dutemple, K. (2017). Les prix de construction d'un patio. Repéré à <https://soumissionrenovation.ca/les-prix-de-construction-dun-patio>
- Écohabitation. (s. d.). Se chauffer à l'électricité : la chaudière hydronique électrique. Repéré à <http://www.ecohabitation.com/guide/fiches/se-chauffer-electricite-chaudiere-hydronique-electrique>
- Écohabitation. (2012a). Le point sur le béton à contenu recyclé. Repéré à <http://www.ecohabitation.com/actualite/nouvelles/point-beton-contenu-recycle>
- Écohabitation. (2012b). Une maison LEED Or sans surcoût : Les recettes d'un bâtisseur astucieux. Repéré à <http://www.ecohabitation.com/actualite/nouvelles/maison-leed-surcout-recettes-batisseur-astucieux>
- Écohabitation. (2014). L'habitation écologique au Québec : Une grande étude de marché signée Écohabitation. Repéré à [http://www.ecohabitation.com/sites/www.ecohabitation.com/files/nouvelle/etude\\_de-marche-v19sept\\_72dpi.pdf](http://www.ecohabitation.com/sites/www.ecohabitation.com/files/nouvelle/etude_de-marche-v19sept_72dpi.pdf)
- Écohabitation. (2017). Les systèmes LEED. Repéré à <http://www.ecohabitation.com/leed/systemes>
- ERE 132. (2017a). Genèse du projet. Repéré à <http://ere132.com/decouvrez/genese-du-projet.php>
- ERE 132. (2017b). Construire vert, ça rapporte. Repéré à <http://ere132.com/apprenez/construire-vert-ca-rapporte.php>
- ERE 132. (2017c). Photos. Repéré à <http://ere132.com/en/visit/photos.php>
- Everything About Concrete. (2016). How much does a concrete slab cost ? Repéré à <http://www.everything-about-concrete.com/concrete-slab-cost.html>
- Friedman, A, Côté, M. (2003). *Maisons à coût abordable et communautés viables : Projet d'une décennie de transition*. Université McGill édition, Montréal, Gouvernement du Québec, 187 p. Repéré à <http://www.habitation.gouv.qc.ca/fileadmin/internet/publications/0000021203.pdf>
- Gagnon, M. (2010). Le concept modulaire ÉcoTerra. Repéré à <http://www.voirvert.ca/projets/projet-demonstration/le-concept-modulaire-ecoterra>
- Gauthier-Ouellet, R. (2014). Les vrais coûts d'une maison écologique. Repéré à <https://maisonsaine.ca/construction-verte/vrais-couts-maison-ecologique-2.html>
- Gouvernement des Etats-Unis. (2016a). Basic Information. Repéré à <https://archive.epa.gov/greenbuilding/web/html/about.html>
- Gouvernement des Etats-Unis. (2016b). Why Build Green? Repéré à <https://archive.epa.gov/greenbuilding/web/html/whybuild.html>
- Gouvernement du Canada. (2016). Maisons R-2000. Repéré à <http://www.nrcan.gc.ca/energy/efficiency/housing/new-homes/5085>
- Gouvernement du Canada. (2017). Énergide au Canada. Repéré à <http://www.rncan.gc.ca/energie/produits/energide/12524>

- Gouvernement du Québec. (2005). *Estimation détaillée d'une maison Novoclimat*. Repéré à [http://www.transitionenergetique.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/novoclimat/DOC\\_estimation\\_couts\\_novo.pdf](http://www.transitionenergetique.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/novoclimat/DOC_estimation_couts_novo.pdf)
- Gouvernement du Québec. (2017a). Les caractéristiques des ménages québécois et l'habitation. Repéré à [http://www.habitation.gouv.qc.ca/statistiques/regroupements/caracteristiques\\_des\\_menages/les\\_caracteristiques\\_des\\_menages\\_quebécois\\_et\\_lhabitation.html](http://www.habitation.gouv.qc.ca/statistiques/regroupements/caracteristiques_des_menages/les_caracteristiques_des_menages_quebécois_et_lhabitation.html)
- Gouvernement du Québec. (2017b). Le Marché de l'habitation. Repéré à [http://www.habitation.gouv.qc.ca/statistiques/regroupements/marche\\_de\\_lhabitation/le\\_marche\\_de\\_lhabitation.html](http://www.habitation.gouv.qc.ca/statistiques/regroupements/marche_de_lhabitation/le_marche_de_lhabitation.html)
- Gouvernement du Québec. (s. d.). Le rapport d'évaluation et la cote ÉnerGuide. Repéré à <http://www.transitionenergetique.gouv.qc.ca/mon-habitation/renoclimat/evaluation-energetique/le-rapport-devaluation-et-la-cote-energuide/>
- Gravel, P. (2011, 18 juin). À quoi ressemblera une résidence à consommation énergétique nulle ? *Le Devoir*. Repéré à <http://www.ledevoir.com/societe/science-et-technologie/325765/a-quoi-ressemblera-une-residence-a-consommation-energetique-nulle>
- Green Economy Network (GEN). (2016). *One Million Climate Jobs: A Plan for a Sustainable and Equitable Economy*. Repéré à <http://greeneconomynet.ca/wp-content/uploads/sites/43/2016/07/GEN-Submission-Working-Group-on-Clean-Technology-Innovation-and-Jobs-July-2016.pdf>
- Groupe Teknika, Groupe Gauthier, Biancamano, Bolduc. (2004). *Étude sectorielle sur la gestion de l'urbanisation*. Repéré à [http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/sherbrooke-410/documents/DB24\\_chap2.pdf](http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/sherbrooke-410/documents/DB24_chap2.pdf)
- Home Advisor. (2017a). How much does it cost to build a house? Repéré à <http://www.homeadvisor.com/cost/architects-and-engineers/build-a-house/>
- Home Advisor. (2017b). How much do polished concrete floors cost?. Repéré à <https://www.homeadvisor.com/cost/flooring/polished-concrete-floor-cost/>
- Home Advisor. (2017c). How much does it cost to install ducts and vents? Repéré à <https://www.homeadvisor.com/cost/heating-and-cooling/install-ducts-and-vents/>
- HVAC quick. (2017). Lifebreath Indoor Air Systems. Repéré à <http://www.hvacquick.com/products/residential/HRVs-and-ERVs/Residential-HRV-ERV/Lifebreath-MAX-Series-HRV-Heat-Recovery-Ventilators>
- Igloo Cellulose. (2017). Igloo cellulose. Repéré à <http://cellulose.com/product-cellulose>
- International Institut for Sustainable Development (iisd). (2013). Who are the green consumers ? Repéré à [https://www.iisd.org/business/markets/green\\_who.aspx](https://www.iisd.org/business/markets/green_who.aspx)
- JL Ouellette Centre de pin. (2017). Revêtements muraux en pin. Repéré à <http://jlocentredepin.com/produit-cat/revetements-muraux/>
- Jouaneau, C., Beltran-Galindo, J., Ouellet-Plamondon, C. (2016). Votre maison a-t-elle un impact sur votre empreinte écologique ? Repéré à <http://substance.etsmtl.ca/empreinte-ecologique/>

- Kats, E. (2003). *The Costs and Financial Benefits of Green Buildings : A Report to California's Sustainable Building Task Force*. Repéré à <http://www.calrecycle.ca.gov/greenbuilding/Design/CostBenefit/Report.pdf>
- Kernaleguen, B., Cosgrove, E., Walter, E., Boyer, D. (s. d.). *La Maison Passive de A à Z*. Repéré à <http://www.ecohabitation.com/guide/fiches/maison-solaire-passive>
- Kim, J-J. (1998). *Sustainable Architecture Module : Qualities, Use, and examples of Sustainable Building Materials*. Repéré à <http://www.umich.edu/~nppcpub/resources/compendia/ARCHpdfs/ARCHsbmIntro.pdf>
- Kok, N., Matthew, K. (2012). *The value of green labels in the California housing market: An economic analysis of the impact of green labelling on the sales price of a home*. Repéré à [http://immobilierdurable.eu/images/2128\\_uploads/Kok\\_green\\_logements\\_en\\_calif.pdf](http://immobilierdurable.eu/images/2128_uploads/Kok_green_logements_en_calif.pdf)
- Lavigne, L. (29 octobre, 2009). Combien ça coute ? *La presse*. Repéré à <http://blogues.lapresse.ca/montoit/archiblogue/2009/10/29/combien-ca-coute/>
- Le Blanc, A. (2012). Habitations et certifications. *Formes, design industriel, affaires et stratégies*, vol. 8, n. 3, p. 12-16. Repéré à <http://www.formes.ca/pdf/pictures/FormesV8n3.pdf>
- Legault, A., Fauteux, A. (2011). Maison passive : se payer la totale. *Maison du 21e siècle*. 59-61. Repéré à <http://maisonsaine.ca/wp-content/uploads/LLego%201804%20passive.pdf>
- Loi sur le développement durable*, L.R.Q., D-8.1.1.
- Lowe's. (2017a). Avenzo Gray Ceramic Indoor Floor Tile. Repéré à [https://www.lowes.ca/floor-tile/avenzo-avenzo-gray-ceramic-indoor-floor-tile-13-in-x-13-in\\_g1842520.html](https://www.lowes.ca/floor-tile/avenzo-avenzo-gray-ceramic-indoor-floor-tile-13-in-x-13-in_g1842520.html)
- Lowe's. (2017b). GreenFiber Cellulose Blown-In Insulation. Repéré à [https://www.lowes.ca/blown-in-insulation/greenfiber-cellulose-blown-in-insulation\\_g1203233.html](https://www.lowes.ca/blown-in-insulation/greenfiber-cellulose-blown-in-insulation_g1203233.html)
- Méthé, J-F. (2011). Une habitation LEED-Platine en réaction aux « manoirs » et aux maisons « éléphants ». Repéré à <http://www.ecohabitation.com/actualite/nouvelles/habitation-leed-platine-reaction-aux-manoirs-aux-maisons-elephants>
- Noreau, J. (2015). *L'achat local, un phénomène qu'on ne peut ignorer*. Repéré à <https://www.desjardins.com/ressources/pdf/per0715f.pdf>
- Ottawa Citizen. (2014). Going green: Building an eco-friendly home was a matter of principle for downsizing couple. *Ottawa Citizen*. Repéré à <http://ottawacitizen.com/life/homes/going-green-building-an-eco-friendly-home-was-a-matter-of-principle-for-downsizing-couple>
- Ouellet Chauffage Électrique. (2017). Série ORC. Repéré à <http://www.ouellet.com/fr-ca/produits/produits-residentiels.aspx?product=98&code=ORC>
- Pagliuca, J. (2017). What does a kitchen renovation cost? Toronto vs. Montreal. Repéré à <http://www.renoassistance.ca/en/kitchen-residential/cost-of-a-kitchen-renovation/>
- Paradis Bolduc, L. (2009). Dalle de béton flottante : Étape par étape, avantages et inconvénients. Repéré à <http://www.ecohabitation.com/actualite/nouvelles/dalle-beton-flottante-etape-etape-avantages-inconvenients>



- Parent, P.O. (s. d.). La question environnementale et l'industrie de la construction. Repéré à <https://www.csnconstruction.qc.ca/2013-11-01/la-question-environnementale-et-lindustrie-la-construction>
- Passive House Institute (PHI). (2015). Passive House requirements. Repéré à [http://www.passiv.de/en/02\\_informations/02\\_passive-house-requirements/02\\_passive-house-requirements.htm](http://www.passiv.de/en/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm)
- Poirier, V. (2013). *Diagnostic de la maison pavillonnaire québécoise durable : Entrevues auprès d'architectes et de professionnels du milieu* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec. Repéré à [https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais\\_2013/Poirier\\_V\\_\\_2013-03-27\\_.pdf](https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2013/Poirier_V__2013-03-27_.pdf)
- Règlement québécois modifiant le code de construction pour favoriser l'efficacité énergétique, LRQ., c. B1.1.
- Remodeling Calculator. (2017). Kitchen Remodel Cost Calculator : Get Your Instant Estimate. Repéré à <https://www.remodelingcalculator.org/kitchen-remodeling-calculator/>
- Remodeling Expense. (2017). Cost of concrete slabs. Repéré à <https://www.remodelingexpense.com/costs/cost-of-concrete-slabs/>
- Reno Depot. (2017a). Membrane d'étanchéité Prova Mat. Repéré à <https://www.renodepot.com/fr/membrane-detancheite-prova-mat-10-m2-00975503>
- Reno Depot. (2017b). Giant. Repéré à <https://www.renodepot.com/en/electric-water-heater-01355039?catalogId=10551&langId=-1&storeId=10701&ddkey=https%3ARenoChangeSelectedStoreCmd>
- Rona. (2017a). Contreplaqué en épinette standard. Repéré à <https://www.rona.ca/fr/contreplaque-0938003--2>
- Rona. (2017b). Poignée de porte de passage Shelby. Repéré à <https://www.rona.ca/fr/poignee-de-porte--shelby--81305074--2>
- Rona. (2017c). Porte intérieure à 6 panneaux. Repéré à <https://www.rona.ca/fr/porte-interieure-a-6-panneaux>
- Rona. (2017d). Pare-vapeur. Repéré à <https://www.rona.ca/fr/materiaux-de-construction/isolants/pare-vapeur-17607>
- Rona. (2017e). Isolant Safe'n'sound. Repéré à <https://www.rona.ca/fr/isolant--safensound--0708007--2>
- Sachs, M. (2014). The Business of Green Housing: People Want It, So Why Aren't They Willing to Pay For It? Repéré à <https://carleton.ca/cserc/20142015-lectures/business-green-housing-people-want-arent-willing-pay/>
- Shaw, C. Y., Magee, R. J., Swinton, M. C., Riley, M., Robar, J. (2001). Canadian Experience in Healthy Housing. Repéré à <http://nparc.cisti-icist.nrc-cnrc.gc.ca/eng/view/accepted/?id=e7f76014-f7a2-41e2-802a-ca5f531d3816>
- Société canadienne d'hypothèque et de logement (SCHL). (2016a). Perspectives du marché de l'habitation, RMR de Québec. Repéré à [https://www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/esub/64281/64281\\_2016\\_B02.pdf?fr=1501635731030](https://www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/esub/64281/64281_2016_B02.pdf?fr=1501635731030)

- Société canadienne d'hypothèque et de logement (SCHL). (2016b). Perspectives du marché de l'habitation, Faits saillants - Canada. Repéré à [https://www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/esub/61502/61502\\_2016\\_B02.pdf?fr=1501635645620](https://www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/esub/61502/61502_2016_B02.pdf?fr=1501635645620)
- Sopher Sparn Architects. (2015). The market of eco friendly properties. Repéré à <http://www.sophersparn.com/the-market-value-of-eco-friendly-properties/>
- Soumission Rénovation. (2017a). Coûts des rénovations d'électricité. Repéré à <https://soumissionrenovation.ca/cout-des-renovations-delectricite>
- Soumission Rénovation. (2017b). Prix d'installation des gouttières. Repéré à <https://soumissionrenovation.ca/prix-dinstallation-des-gouttieres>
- Soumission Rénovation. (s. d.). Rénover un plancher: le prix des matériaux. Repéré à <https://soumissionrenovation.ca/prix-plancher>
- Stelpro. (s. d.). Calculating the right wattage for a room. Repéré à <http://www.stelpro.com/en-CA/calculating-right-wattage-room>
- Taylor, H. (2015). Cost of Constructing a Home. Repéré à <http://www.nahbclassic.org/generic.aspx?genericContentID=248306>
- Vallerand, N. (2017). Dossier maisons écoénergétiques : L'offre bondit pour la construction verte. Repéré à <http://www.acqconstruire.com/dossiers/1819-dossier-maisons-ecoenergetiques-offre-bondit-pour-la-construction-verte>
- VoirVert. (2017). Résistance thermique (R et RSI). Repéré à <http://www.voirvert.ca/communaute/wiki/resistance-thermique-r-et-rsi>
- Webb, C. (s. d.). Labor Cost Vs. Material Cost. Repéré à <http://smallbusiness.chron.com/labor-cost-vs-material-cost-11368.html>
- Wilson, L. (s. d.). How big is a house? Average house size by country. Repéré à <http://shrinkthatfootprint.com/how-big-is-a-house>
- Wolf, D. (2010). Canada's Housing Sector in Recession and Recovery: Beyond Bricks and Mortar. Repéré à <http://www.bankofcanada.ca/2010/01/canada-housing-sector-recession-recovery-beyond-bricks/>
- World Health Organization (WHO). (2010). Housing and Health: "Healthy Housing" Experts call for international guidelines. Repéré à <http://www.who.int/hia/housing/en/>
- World Wide Fund for nature (WWF). (2016). Living Planet Report 2016: Risk and resilience in a new era. Repéré à [http://www.footprintnetwork.org/content/documents/2016\\_Living\\_Planet\\_Report\\_Lo.pdf](http://www.footprintnetwork.org/content/documents/2016_Living_Planet_Report_Lo.pdf)
- Young, B. (2014). Toronto House Painting Costs – Calculating Prices per square foot. Repéré à <http://www.homepainterstoronto.com/painting-cost-estimate-square-foot-toronto/>
- Young, B. (2016). Cost of painting in Ottawa. Repéré à <https://www.homepaintersottawa.com/cost-of-painting-ottawa-per-sqft-interior>

## BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme. (2012). La maison verte du Bas-Saint-Laurent : Compte rendu de la phase 1 et demande pour la phase 2.
- Anonyme. (2013). La maison écologique modèle du Bas-Saint-Laurent : Compte rendu de la phase 2.
- Feng, H. (2010). Homeownership over the Life Course of Canadians: Evidence from Canadian Censuses of Population. Repéré à <http://www.statcan.gc.ca/pub/11f0019m/2010325/part-partie1-eng.htm>
- Gouvernement du Canada. (2013). Enquête nationale auprès des ménages de 2011 : Accession à la propriété et coûts d'habitation au Canada. Repéré à <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/130911/dq130911b-fra.htm>
- Gouvernement du Québec. (2013). Accord Créneau d'excellence : Écoconstruction. Repéré à [https://www.economie.gouv.qc.ca/fr/objectifs/informer/creneaux-dexcellence/page/creneaux-dexcellence-12979/?no\\_cache=1&tx\\_igaffichagepages\\_pi1%5Bmode%5D=single&tx\\_igaffichagepagespi1%5BbackPid%5D=243&tx\\_igaffichagepages\\_pi1%5BcurrentCat%5D=&cHash=8bb162c5f0b00166fde3628e6f02d24a](https://www.economie.gouv.qc.ca/fr/objectifs/informer/creneaux-dexcellence/page/creneaux-dexcellence-12979/?no_cache=1&tx_igaffichagepages_pi1%5Bmode%5D=single&tx_igaffichagepagespi1%5BbackPid%5D=243&tx_igaffichagepages_pi1%5BcurrentCat%5D=&cHash=8bb162c5f0b00166fde3628e6f02d24a)
- Kuziemko, J. (2015). LEED buildings outperform market peers according to research. Repéré à <https://www.usgbc.org/articles/leed-buildings-outperform-market-peers-according-research>
- Langston, P. (2015). The Edelweiss House by Ecohome aims to teach green affordability. *The Ottawa Citizen*. Repéré à <http://ottawacitizen.com/life/homes/the-edelweiss-house-by-ecohome-aims-to-teach-green-affordability>
- Legault, S. (2015). Les comportements pro-environnementaux des ménages canadiens et l'impact sur la consommation d'énergie résidentielle. Repéré à <http://www.statcan.gc.ca/pub/16-002-x/2012001/part-partie4-fra.htm>
- Paquin, J. (2017). Donner à l'enveloppe du bâtiment toute l'attention qu'elle mérite. Repéré à [http://www.ecohabitation.com/actualite/nouvelles/donner-enveloppe-batiment-toute-attention-merite?utm\\_campaign=shareaholic](http://www.ecohabitation.com/actualite/nouvelles/donner-enveloppe-batiment-toute-attention-merite?utm_campaign=shareaholic)
- Parent-Leblanc, G. (2013). *Analyse de l'impact environnemental de solutions de chauffage et d'isolation applicables aux bâtiments résidentiels au Québec* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec. Repéré à [https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais\\_2013/Parent-Leblanc\\_G\\_\\_2013-12-20\\_.pdf](https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2013/Parent-Leblanc_G__2013-12-20_.pdf)
- Robitaille, O. (2015). *Analyse de la durabilité du cycle de vie de modes d'habitation alternatives dans un contexte québécois* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec. Repéré à [https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais\\_2015/Robitaille\\_O\\_\\_2015-02-10\\_.pdf](https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2015/Robitaille_O__2015-02-10_.pdf)
- Rochon, M. (2013). *Analyse de cycle de vie comparative de bâtiments résidentiels* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec. Repéré à [https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais\\_2013/Rochon\\_M\\_\\_2013-11-11\\_.pdf](https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2013/Rochon_M__2013-11-11_.pdf)
- Soprema. (2017). R and RSI value converter. Repéré à <http://www.soprema.ca/r-and-rsi-value-converter/>
- The Economist. (2004). The rise of the green building. Repéré à <http://www.economist.com/node/3422965>

- The Economist. (2008). Home, green home. Repéré à <http://www.economist.com/node/11999259>
- TVA Nouvelles. (2014). Les jeunes n'arrivent plus à se payer une maison. Repéré à <http://www.tvanouvelles.ca/2014/09/10/les-jeunes-narrivent-plus-a-se-payer-une-maison-1>
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2016). Green infrastructure cost-benefit resources. Repéré à <https://www.epa.gov/green-infrastructure/green-infrastructure-cost-benefit-resources>
- Venne, J. F. (2013). Isolants verts pour la maison : cellulose, chanvre, coton ou paille ? Repéré à <https://www.protegez-vous.ca/Maison/isolants-verts>
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2008). *Energy efficiency in buildings: business realities and opportunities*. Repéré à <https://www.c2es.org/docUploads/EEBSummaryReportFINAL.pdf>
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2009). Energy Efficiency in Buildings: Transforming the Market. Repéré à <http://www.wbcsd.org/Projects/Energy-Efficiency-in-Buildings/Resources/Transforming-the-Market-Energy-Efficiency-in-Buildings>
- World Green Building Council (WGBC). (2013). *The business case for green building: A review of costs and benefits for developers, investors and occupants*. Repéré à [http://www.worldgbc.org/sites/default/files/Business\\_Case\\_For\\_Green\\_Building\\_Report\\_WEB\\_2013-04-11-2.pdf](http://www.worldgbc.org/sites/default/files/Business_Case_For_Green_Building_Report_WEB_2013-04-11-2.pdf)

# **ANNEXE 1 – PLAN DE VISIBILITÉ DU PROJET ERE 132** (tiré de : J.-M. Drapeau, courriel, 6 novembre 2017)

## **Plan de visibilité**

**Surcout pour maison ERE 132 versus maison conventionnelle 2 étages de bonne qualité (Novoclimat 1.0)**

| Section | Description   | Maison ERE 132 | Maison 2 étages conventionnelle | Difference           |
|---------|---|----------------|---------------------------------|----------------------|
|         | cout metre carré au sol   | 6 765 \$       | 3 000 \$                        | 3 765 \$             |
|         | Cout de la dalle de béton   | 17 800 \$      |                                 |                      |
|         | mur a double ossature incluant la commandite de 4 000\$             | 30 000 \$      |                                 |                      |
|         | Cout des fenêtres incluant la commandite de 13 000\$                | 31 350 \$      |                                 |                      |
|         | Cout pour surisolation comble murs et dalle                         | 11 600 \$      |                                 |                      |
| 1000    | Exigences générales   | 29 850.00 \$   | 0.00 \$                         | 29 850.00 \$         |
|         | Contingences de design et frais LEED                                |                |                                 |                      |
|         | main d'oeuvre tarif commercial                                      |                |                                 | 5 500.00 \$          |
| 2200    | Excavation  | 45 000.00 \$   | 12 500.00 \$                    | 32 500.00 \$         |
|         | Tranchée pour raccord aqueduc et égout                              |                |                                 |                      |
|         | Type de sol non standard  |                |                                 |                      |
| 3100    | Béton   | 17 800.00 \$   | 17 000.00 \$                    | 800.00 \$            |
|         | Fondation plus large mais moins profonde léger surplus              |                |                                 |                      |
| 5500    | Métaux ouvrés   | 7 000.00 \$    | 450.00 \$                       | 6 550.00 \$          |
|         | Gouttières en fer forgé   |                |                                 |                      |
|         | braquette pare-soleil   |                |                                 |                      |
| 6100    | Charpenterie, murs et isolation                                     | 92 300.00 \$   | 58 800.00 \$                    | 33 500.00 \$         |
|         | Parement de bois intérieur  |                |                                 |                      |
|         | Contre-plaqué 3/4 au lieu 5/8"                                      |                |                                 |                      |
|         | Charpente double  |                |                                 |                      |
| 7100    | Isolation thermique   | 17 600.00 \$   | 6 000.00 \$                     | 11 600.00 \$         |
|         | Isolant sous la dalle 2 rang G4 mm                                  |                |                                 |                      |
|         | Isolant soufflé dans mur et sur toit épaisseur supérieur            |                |                                 |                      |
|         | Terrasses extérieures   |                |                                 |                      |
| 7310    | Toiture toile   | 13 425.00 \$   | 4 000.00 \$                     | 9 425.00 \$          |
|         | Toiture en tôle vs toiture en bardeau                               |                |                                 |                      |
| 8600    | Fenêtres en bois et en plastique                                    | 31 350.00 \$   | 12 500.00 \$                    | 18 850.00 \$         |
|         | Fenêtre écoénergétique RE>33  |                |                                 |                      |
| 9310    | Carreaux de céramique   | 3 200.00 \$    | 600.00 \$                       | 2 600.00 \$          |
|         | Panneau de verre imprimer Prelco comandite \$3200                   |                |                                 |                      |
| 7460    | Revetement de bois, d'ardoise et autres extérieurs                  | 31 350.00 \$   | 27 000.00 \$                    | 4 350.00 \$          |
|         | Beaucoup de matériaux différents                                    |                |                                 |                      |
|         | Revêtements plus design   |                |                                 |                      |
|         | comandite de 13 000\$   |                |                                 |                      |
| 10200   | Persiennes  | 725.00 \$      | 0.00 \$                         | 725.00 \$            |
|         | Persiennes design supérieur   |                |                                 |                      |
| 15400   | Plomberie   | 28 650.00 \$   | 6500                            | 22 150.00 \$         |
|         | Raccord plomberie bâtiment d'accueil                                |                |                                 |                      |
| 15800   | Distribution d'air  | 19 400.00 \$   | 7 500.00 \$                     | 11 900.00 \$         |
|         | Echangeur d'air efficacité 80% versus VE-01 65% commandite 10 000\$ |                |                                 |                      |
|         | Extracteur au toit  |                |                                 |                      |
| 15950   | Balancement   | 700.00 \$      | 0.00 \$                         | 700.00 \$            |
|         | Par firme indépendante  |                |                                 |                      |
| 16200   | Électricité   | 50 200.00 \$   | 16 500.00 \$                    | 33 700.00 \$         |
|         | Panneau électrique commerciale                                      |                |                                 |                      |
|         | Distance de raccordement  |                |                                 |                      |
|         | Detection incendie entrebarrée                                      |                |                                 |                      |
|         | Eclairage de secours et indicateur de sortie                        |                |                                 |                      |
|         | Eclairage de service dans l'entretoit                               |                |                                 |                      |
|         | Borne de recharge publique  |                |                                 |                      |
|         |   |                |                                 | <b>228 465.00 \$</b> |